

# **TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**

## **FAKULTA STROJNÍ**

Katedra strojů průmyslové dopravy

**obor**  
**Konstrukce strojů a zařízení**

**zaměření**  
**Kolové dopravní a manipulační stroje**

**SPOUŠTĚCÍ SOUSTAVA ZÁŽEHOVÉHO MOTORU**

**Engine`s riotous system with a spark`s ignition**

**Rafał Adam GAWIN**

Vedoucí diplomové práce: Doc. Dr. Ing. Pavel Němeček

Konsultant diplomové práce: Dipl. Ing. Orendáš Pavel

Rozsah práce:

Počet stran	:	49
Počet obrázků	:	39
Počet tabulek	:	6
Počet příloh	:	0
Počet výkresů	:	8

květen 2006

*Skládám srdečné poděkování  
Doc. Dr. Ing. Pavlovi Němečkovi a Dipl. Ing. Pavlovi Orendášovi  
za ukázanou přívětivost, pochopení, pomoc a také cenné poznámky.*

## **Anotace**

Cílem nynější práce je poznání konstrukce různých typu spouštěčů, v opření o dostupné informace, a následně provedení analýzy za cílem porovnání vlastností dvou vybraných spouštěčů, použity pro náběh toho samého motoru, a také výtahu vlastností z naměřených hodnot.

## **Annotation**

The goal of this work is to known structure of different types of starters. It based on accessible information, exploration properties of two selected starters, which were use in the same engine, and effects of study.

## Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 ( školní dílo ) a § 35 (o nevýdělečném užití díla k vnitřní potřebě ).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření smlouvy o užití mé práce a prohlašuji, že **souhlasím** s případným užitím mé práce ( prodej, zapůjčení a pod. ).

Jsem si vědom toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohou jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla ( až do jejich skutečné výše ).

Liberec 26.05.2006

Rafał Adam GAWIN

.....

## Místopřísežné prohlášení

„Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.“

Liberec 26.05.2006

Rafał Adam GAWIN

.....

# Obsah

<b>Anotace</b>	<b>3</b>
<b>Obsah</b>	<b>5</b>
<b>Úvod</b>	<b>6</b>
<b>1. Konstrukce spouštěče</b>	<b>7</b>
1.1. Konstrukční řešení s hlediska zasouvání pastorku do ozubeného věnce.	7
1.1.1. Systém Bendix.	7
1.1.2. Spouštěč s výsuvnou kotvou.	8
1.1.3. Spouštěč s výsuvným pastorkem.	10
1.1.4. Řešení spouštěč v jednoosém uspořádání (AXIÁL ).	13
1.2. Konstrukční řešení přenosu točivého momentu $M_k$ od elektromotoru.	19
1.2.1. Spouštěč bez reduktoru.	20
1.2.2. Spouštěč s reduktorem, planetový převod.	20
1.2.3. Spouštěč s reduktorem, vnější přímý převod.	22
1.2.4. Spouštěč s vnitřním přímým převodem.	23
<b>2. Měření a hodnocení fyzikálních veličin (napětí,proud,otáčky) při teplotách -24 °C a +22°C .</b>	<b>24</b>
2.1.Výsledky zkoušek fyzikálních veličin.	25
2.1.1 Pro startér f. Magneton, typ Axiál.	25
2.1.2 Pro startér f. Valeo.	26
2.1.3 Hodnocení fyzikálních veličin.	27
2.2. Energetické zatížení baterie.	29
2.2.1. Výsledky energetického zatížení baterie.	29
2.2.2. Hodnocení energetického zatížení baterie.	31
<b>3. Měření a hodnocení frekvenčního spektra přenosu vibrací při startu motoru</b>	<b>34</b>
3.1.Měření frekvenčního spektra přenosu vibrací při startu tříválcového zážehového motoru 1.2l 47kW".	34
3.2. Výsledky měření frekvence spektra vibrací.	38
3.2.1 Výsledky pro startér f. Valeo s planetovou převodovkou (s reduktorem).	38
3.2.2. Pro startér f. Magneton, typ Axiál bez planetové převodovky (reduktoru).	41
3.2.Hodnocení měření frekvence chvění spektra vibrací.	44
<b>4. Zhodnocení a porovnání spouštěčů z pohledu na komfort jízdy a užitkové vlastnosti.</b>	<b>Chyba! Z</b>
<b>Seznam použité literatury.</b>	<b>48</b>

# Úvod

V souvislosti s prudkým rozvojem techniky, který můžeme zpozorovat během posledních let, před mnoha oblastí vědy se otevírají úplně nové dosud překvapivé možnosti poznání. Jednou s takových oblastí je nepochybně motorizace, která aktuálně takřka na každém kroku využívá nejnovější technologie nynější techniky. Značnou roli v rozvoji odehrává nové postupy a poznatky v oblasti elektrotechniky i elektroniky motorizační. Z každým rokem vzrůstá procentní podíl elementu ve výbavě vozu, a tomu též odpovídá kvantitativní vzrůst který, doprovází stálý nárůst jejich jakosti a nezávadnosti a také komfortu jízdy. Prezentované prognózy specialistu v motorizačním průmyslu potvrzují domněnku, že nejbližší léta budou dobou dalšího rozvoje elektrotechniky, a zvláště elektroniky automobilové.

Aktuálně doporučené normy k ochraně prostředí, úspory energie, komfortu jízdy či bezpečnosti jízdy vyžadují intenzivního výzkumu nad adaptací stávajících mechanických uspořádání ve spolupráci s elektrickými zařízeními. Příkladem té spolupráce - projednání práce- reduktory nebo planetární soukolí použité v konstrukci spouštěče.

V úvodu, pro širší zobrazení i lepší pochopení další části práce, představím typy spouštěčů a také jejich strukturu. V druhé části jsou popsány měření za cílem zobrazení odvodu energie z baterie přes dva typy spouštěčů, které byly použity pro náběh motoru firmy SKODA 1,2 l 47 kW. V třetí části na základě měření vibrací přenášených přes spouštěč na motor a postupně na karoserii, prezentován bude prostorný model motoru společně s karoserií a také zobrazen bude vliv spouštěčů na vibrace motoru v průběhu náběhu motoru. V čtvrté části budou zhodnoceny měření všech spouštěčů z pohledu konstrukce a komfortu jízdy uživatelů a užitkových vlastností.

# 1. Konstrukce spouštěče

## 1.1. Konstrukční řešení s hlediska zasouvání pastorku do ozubeného věnce

Z požadavků, kladených na spouštěč je patrné, že spojení jednoduchého stejnosměrného motoru s klikovým hřídelem spalovacího motoru bude vyžadovat složitější mechanismus.

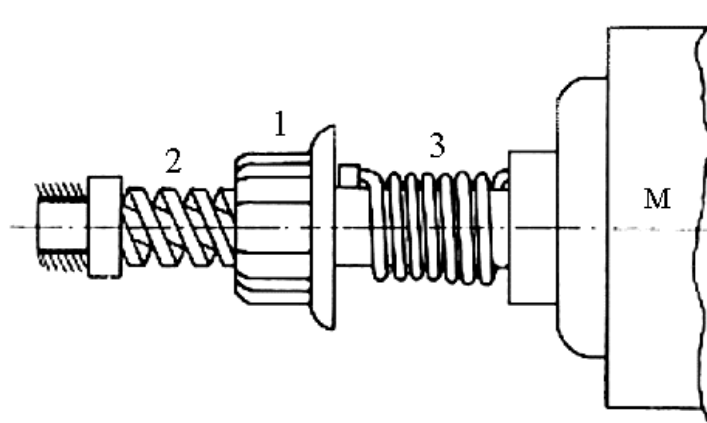
Z množství různých řešení, která se v průběhu postupného vývoje elektrických spouštěčů objevila, zůstaly v širším používání čtyři základní soustavy se zasouváním pastorku do ozubeného věnce ve směru osy:

- systém Bendix
- posuvná kotva
- posuvný pastorek
- řešení spouštěč v jednoosém uspořádání ( AXIÁL )

V automobilových závodech škoda se používají spouštěče s startérem a s permanentními magnety AXIAL (Valeo,MAGNETON)

### 1.1.1. Systém Bendix

K zasunutí pastorku do záběru u spouštěčů Bendix ( obr.1.1) se využívá setrvačnosti samotného pastorku. Pastorek 1 má na vnitřním průměru plochý nebo lichoběžníkový závit a v rozmezí dvou dorazů je lehce pohyblivý po šroubovém závitě pouzdra 2 poháněného spouštěcího motorem pomocí unášeče 3, který tlumí nárazy. Při zapojení proudu do spouštěcího motoru se neurychlí pastorek, pohyblivý volně na šroubovici, tak rychle jako rotor spouštěče, a pohybuje se po závitě pouzdra směrem do záběru s ozubeným věncem setrvačníku. Přejde-li do mezery, pohybuje se pastorek po šroubu ve směru osy až na doraz a spouštěč začne otáčet motorem. Dosedne-li zub na zub, nemůže se pastorek pohybovat ve směru osy a je stržen šroubovicí ze zubu do mezery. Protože v okamžiku, v němž se pastorek posune do plného záběru na doraz, otáčí se rotor spouštěče již značnou rychlostí, snižuje se náraz pružinou nebo lamelovou spojkou.



**Obr.1.1. Spouštěč se systémem BENDIX**

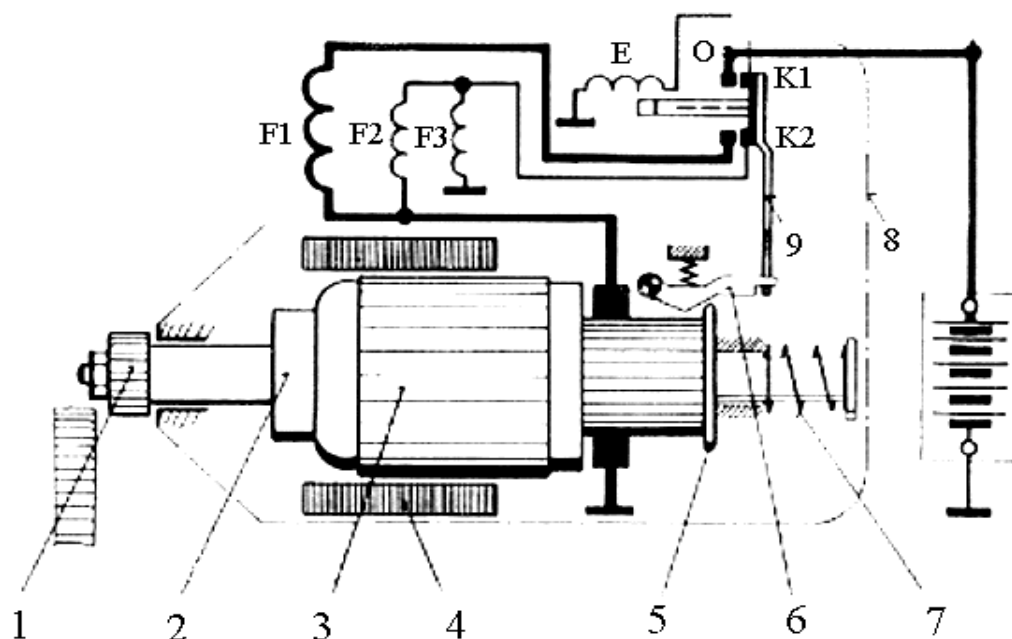
Jakmile se spouštěný motor rozběhne a pastorek se otáčí rychleji než rotor spouštěče, vyšroubuje se ze záběru s věncem a setrvačností doběhne až na klidový doraz pouzdra.

Kdysi to byl vůbec nejrozšířenější základní typ, vyráběný v mnoha konstrukčních obměnách a velmi dlouho se udržel, protože byl jednoduchý a výrobně levný. Pracoval s dvoustupňovým zapínáním a s mnoha dalšími zabezpečovacími opatřeními i u velkých spouštěčů. V jednoduchém provedení měl několik nevýhodných vlastností, jako samovolné vybíhání ze záběru při přechodných zrychleních motoru, větší poškozování zubů, možnost zpříčení při dosedu zubu na zub, poruchovost tlumicích pružin apod. V propracovanějších provedeních ztrácel svou hlavní výhodu – jednoduchost, a proto se postupně nahrazoval konstrukcemi s posuvným pastorkem.

### **1.1.2. Spouštěč s výsuvnou kotvou**

U spouštěčů s výsuvnou kotvou (rotorem) je zasouvání pastorku řešeno tak, že se pastorek může otáčet kolem hřídele spouštěče, se kterým je spojen volnoběžnou spojkou, ale axiálním směru není oproti kotvě pohyblivý. Zasouvání pastorku do ozubení setrvačníku se děje spolu s axiálním pohybem celé kotvy ( viz obr.1.2. )





**Obr.1.2. Spouštěč s výsuvnou kotvou**

Vřeteno, nesoucí pastorek 1, je s hřídelem spouštěče mechanicky spojeno lamelovou spojkou 2. Kotva 3 společně s pastorkem 1 se mohou axiálně pohybovat v ložiskách. V klidu je kotva částečně vysunuta ze statoru 4 účinkem pružiny 7. Teprve když se stator působením budících vinutí zmagnetuje, vtáhne kotvu 3 dovnitř a tohoto axiálního pohybu se využije i pro zasunutí pastorku 1 do ozubení setrvačníku.

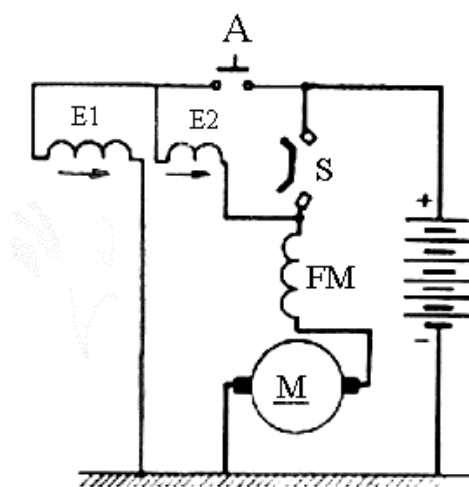
Spouštěč má mimo hlavní sériové vinutí F1 ještě dvě budící vinutí pomocná. Jedno sériové F2 a jedno paralelní F3. Spouštění je dvoustupňové. V prvním stupni, po sepnutí tlačítka T, vtáhne elektromagnet E své jádro a spínací můstek 10 spojí kontakt K1. Sepnutí kontaktu K2 brání páka 9, držaná západkou 6. Kontakt K1 připojí obě pomocná vinutí F2 a F3. Slabé magnetické pole vtahuje kotvu 3, která se pomalu otáčí, do statoru 4. Pastorek 1 se jemně zasune do ozubení setrvačníku. Jakmile se pastorek téměř zasune uvolní kroužek 5 západku 6 a spojí se i kontakt K2. Nastává druhá fáze spouštění. Kontakt K2 připojí hlavní budící vinutí F1 a spouštěč vyvíjí plný záběrový moment. Spouštěč se rozbíhá a proud  $I$  klesá a tím i vtahující síla přemáhající pružinu 7 klesá. Avšak paralelní vinutí F3 udržuje kotvu v pracovní poloze a zároveň omezuje nevyšší otáčky spouštěče. U čtyřpólového spouštěče bývá hlavní vinutí F1 na dvou pólech a ostatní vinutí na druhých dvou pólech.

Typickým znakem těchto spouštěčů je dlouho komutátor. Musí být o celou délku posunu kotvy delší než by byl u obyčejného elektromotoru.

Přes výhodné pracovní vlastnosti není soustava s posuvnou kotvou tak rozšířená. Její hlavní nevýhodou je velká hmotnost posuvné části. Stojí-li vůz na svahu a tíha rotoru působí proti pohybu pastorku do záběru, může dojít k potížím při zasouvání do ozubení, a naopak je nutné zajistit, aby při provozních otřesech a zrychleních nedocházelo k úderům pastorku do točícího se setrvačníku.

### 1.1.3. Spouštěč s výsuvným pastorkem.

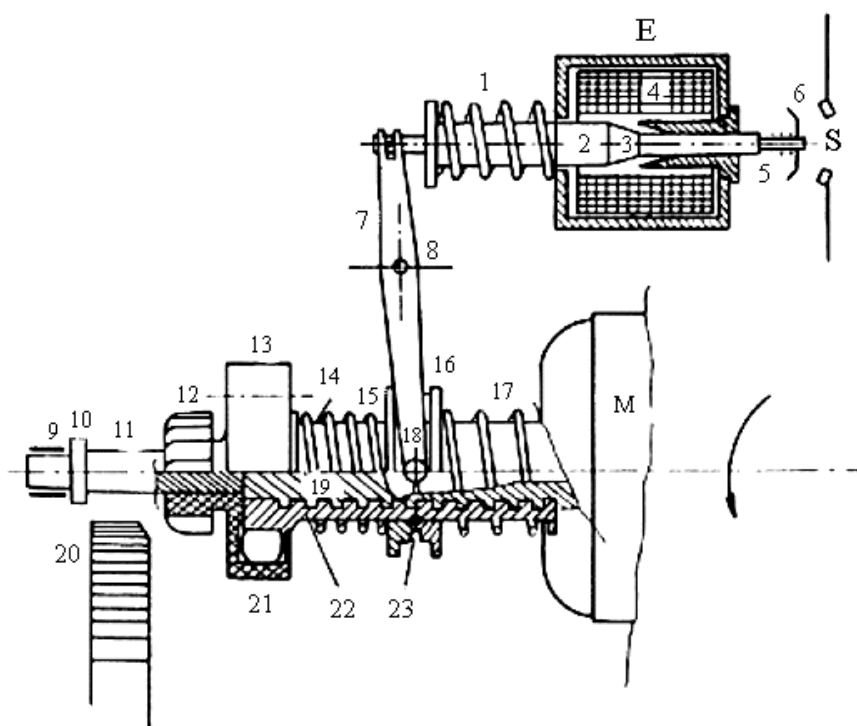
V dnešní době je nejrozšířenější spouštěč s posuvným pastorkem. Pomocí dvouramenné páky se nejprve zasune pastorek do záběru a teprve pak se zapne proud (viz obr.1.4 ). Dvouramenná zasouvací páka 7 otočná kolem pevného čepu 8, dnes většinou ovládaná elektromagnetem E zasouvá pastorek 12 do ozubeného věnce 20 setrvačníku. Záběrové vnitřní pouzdro 22 volnoběžky se posouvá po hřídeli, buď po vícechodých šroubových, nebo po přímých drážkách. Pro menší spouštěče jsou výhodnější šroubové drážky, protože stačí elektromagnet E s menším zdvihem. Pastorek dojde do plného záběru s ozubeným věncem 20 už sám účinkem posuvné reakce vyvolané na šroubovici.



**Obr. 1.3. Elektrické schéma zapojení spouštěče s posuvným pastorkem**

Spouštěč se uvede v činnost tlačítkovým ovladačem A ( obr.1.3.) nebo pootočením klíčku vsunutého do spínací skřínky. Často se prvním otočením klíčku vpravo zapne elektrická instalace a zapalování. Při pootáčení do další polohy START nutno překonat jistý úmyslně zařazený mechanický odpor, čímž se zamezí nežádoucí spouštění, např. při ukvapeném manipulování klíčkem. U novějších zařízení je druhé spouštění možné, jen když řidič po prvním nevydařeném spouštění vypnul zapalování.

Uzavřením kontaktu A se zapne proud do vinutí cívky 4 elektromagnetu E. Vinutí se skládá ze dvou částí E1 a E2 ( obr.2 ) jejichž magnetomotorické síly se sčítají . Část E1 se připojí k plnému napětí akumulátoru. Druhou částí E2 jde proud přes činné odpory spouštěče, který se prozatím nepohybuje a neindukujeme v něm ještě žádné napětí, jeho činné odpory jsou malé. Pohyblivé válcové jádro elektromagnetu E je zakončeno kuželem 3, aby byl lepší průběh závislosti  $F = f(x)$ , tj. tažné síly na zdvihu .



**Obr. 1.4. Spouštěč s posuvným pastorkem**

Přitažením jádra 2 se pootočí zasouvací páka 7, otočná kolem pevného čepu 8, ve směru pohybu hodinových ručiček. Kolíky 18 její vidlice začnou posunovat levou polovinu 15 dělené objímky. Tím se stlačuje „přední“ pružina 14 a posouvá zasouvací pouzdro 22, které též tvoří vnitřní část volnoběžky 13.

Volný konec hřídele je v místě 19 vytvořen jako šroub s velmi strmým – např. trojchodým závitem. Zasouvací pouzdro, tj. vnitřní část volnoběžky tvoří matici pro tento šroub. Pastorek 12 se tedy přibližuje k ozubení 20 setrvačníku šroubovým pohybem. Setká-li se zub pastorku 12 s mezerou mezi zuby věnce 20, zasune se hned do záběru. Zuby ozubeného věnce 20 i zuby pastorku 12 jsou na čelní straně sraženy, aby se usnadnilo zasunutí pastorku.

Těsně před tím ,než se zasouvací páka 7 natočí do své konečné polohy, uzavře odizolovaný kontaktní můstek 6, v posuvném jádře 2 elektromagnetu E, kontakty spínače S. Pružina 5 zaručuje dostatečný tlak kontaktů. Spouštěč dostane proud a vyvodí točivý moment,

který účinkem šroubu 19 zatlačí pastorek do úplného záběru. V přetaženém stavu stačí pro elektromagnet E cívka E1. Cívka E2, která pomáhala jen při zasouvání, se překlene podle obr.1.3. kontakty spínače S.

Narazí-li při zasouvání zub pastorku 12 na zub věnce 20 setrvačníku, stlačí se „přední“ pružina 14, takže i v tom případě se uzavře kontakt S. Spouštěč pootočí pastorkem 12, který se vsune účinkem pružiny 14 a působením strmého šroubu 16, jakmile se zub pastorku 12 ocitne proti mezeře mezi zuby věnce 20.

Spouštěč protáčí spalovací motor tak dlouho, dokud je uzavřen kontakt A. Přitom dosedají obě poloviny objímky na pojistný kroužek 23 a jsou k němu přitlačovány pružinami 14 a 17. Rozeběhne-li se spalovací motor, nabude pastorek velké otáčky, avšak volnoběžka 13 zabrání, aby i spouštěč měl tyto otáčky. Pokud však je uzavřen kontakt A, dostává spouštěč stále proud a roztočí se otáčkami naprázdno.

Běží-li spalovací motor, otáčí se rychleji než spouštěč. Pastorek 12 se tedy vnějším věncem volnoběžky 13 otáčí volně na hřídeli 11 a zůstává v záběru s ozubeným věncem 20. Rozpojí-li se kontakt A, snaží se uvést vratná pružina 1 jádro elektromagnetu E a zasouvací páku do původní polohy.

Dokud se však přenáší moment spouštěče pastorkem na ozubený věnec 20, je účinkem šroubových drážek pastorek udržován v zasunuté poloze. Proto je objímka 15-16 dělena a i při zasunutém pastorku se může zasouvací páka pootočit proti směru pohybu hodinových ručiček působením vratné pružiny 1, která přemůže tlak zadní pružiny 17. Rovněž tak, kdyby se po rozpojení kontaktů A z jakékoliv příčiny nevysunoval pastorek 12 z ozubení 20, přemůže síla pružiny 1 účinek „zadní“ pružiny 17 a druhá část 16 dělené objímky se pohne směrem k spouštěči. Páka 7 se natočí proti směru pohybu hodinových ručiček tak, že se rozpojí kontakty S. Akumulátor se tak odpojí od spouštěče, čímž se zabrání zbytečnému vybíjení akumulátoru a poškození spouštěče. Zadní stlačená pružina 17 se snaží vytáhnout zaseknutý pastorek 12 ze záběru. Důležité je, aby všechny tři pružiny 1, 14, 17 byly správně navrženy.

Je-li vsuvná 14 slabá, nezasune se pastorek 12 spolehlivě a může dojít k poškození ozubení. Kdyby byla vsuvná pružina 14 příliš silná, bylo by nutno volit velký elektromagnet E. Slabá zadní pružina 17 vytáhne pozdě nebo nespolehlivě pastorek 12 ze záběru. Silná zadní pružina 17 by zase vyžadovala silnější vratnou pružinu 1 a tedy i velký elektromagnet E.

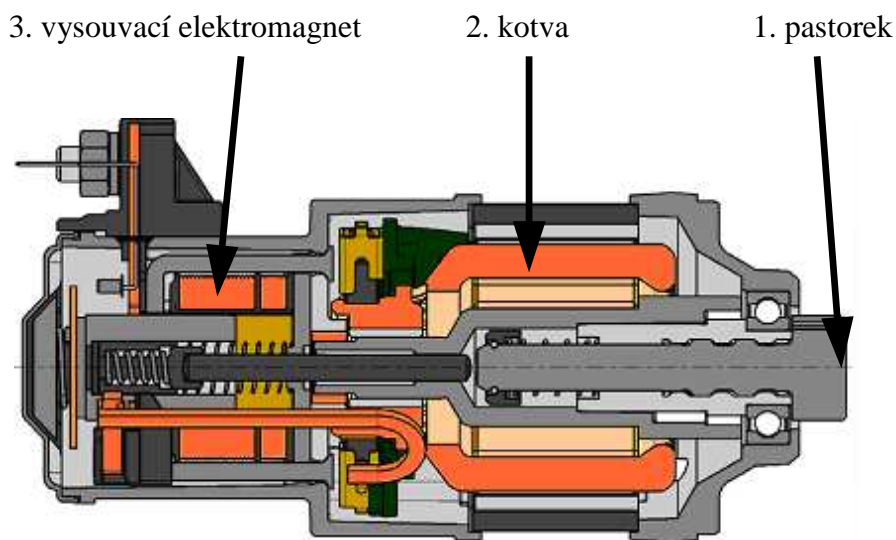
Nerozeběhne-li se spalovací motor hned při prvním pokusu o spuštění, nutno počkat až se spouštěč úplně zastaví. Jinak by se mohlo poškodit ozubení pastorku nebo setrvačníku.

Doběh spouštěče zkracuje tření brázd, vytvořenou v jednom z ložiskových štítů pružinou a brzdící podložkou. Brzdíčka též omezuje otáčky nezatíženého spouštěče. Normálně se předpokládá maximální doba spouštění 5 s a nejvýše pět spouštění za sebou. Mezi jednotlivými spouštěními by mělo uběhnout alespoň 30 s.

#### 1.1.4. Řešení spouštěč v jednoosém uspořádání (AXIÁL )

Konstrukci a funkci opíšu na základu spouštěče Magneton typ AXIAL na kterým byly provedeny měření.

Konstrukce spouštěče AXIÁL (viz. obr.1.5) - se vyznačuje tím, že osa pastorku (1), kotvy (2) a vysouvacího elektromagnetu (3) se spínacími kontakty je společná. U vysouvacího mechanismu byl použit princip vysouvání samostatného pastorku (1), jehož výhody se projevily v konstrukci spouštěče s reduktorem. Současně je originálním způsobem řešeno umístění volnoběžné spojky přímo na hřídeli rotoru. Zcela novým řešením je využití permanentních magnetů na bázi vzácných zemin (NdFeB) v buzení statoru, díky čemuž je možno dosáhnout malých rozměrů elektromotoru i bez nutnosti použití převodu.



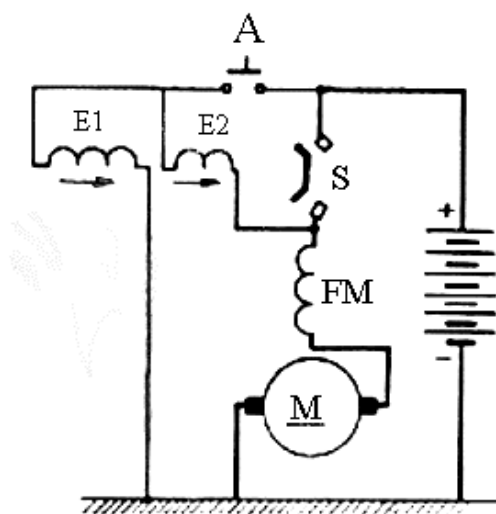
**Obr. 1.5. Schematický řez spouštěčem AXIÁL**

### Schéma elektrického zapojení

Přiložený obrázek (viz. obr.1.6.) znázorňuje jak vlastní elektrické schéma řešeného spouštěče, tak způsob jeho zapojení v elektrické síti vozidla.

Jak je ze schématu patrné, ve spouštěči je použit stejnosměrný komutátorový elektromotor buzený permanentními magnety. Toto řešení přináší jisté výhody (odpadají rozměrné budící cívky ve statoru), ale i nevýhody. Mezi ně patří poměrně nízká vlastní indukčnost elektromotoru spouštěče, která má vliv na strmost nárůstu proudu v okamžiku sepnutí silových kontaktů spínače. Elektromotor je přes sv. 30 elektromagnetického spínače (viz. obr.1.7.) připojen na startovací baterii.

Samotný spínač obsahuje dvě paralelně zapojená vinutí. Vtahovací vinutí je zapojeno do série s elektromotorem spouštěče, přídržné vinutí je zapojeno na kostru spouštěče. Vinutí elektro-magnetického spínače je k startovací baterii připojeno přes svorku 50 (viz. obr.1.7) a spínací skříňku.



**Obr. 1.6. Elektrické schéma zapojení spouštěče AXIÁL**

## Popis funkce

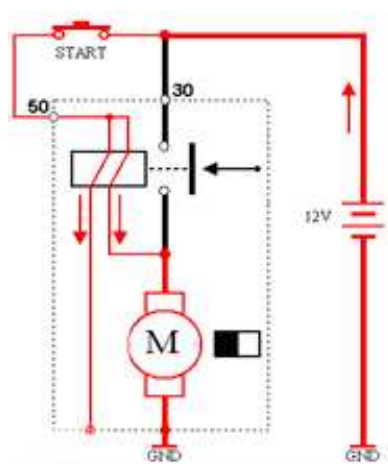
Základní funkční odlišností navrženého principu od klasické koncepce startérů je fáze zasouvání pastorku startéru do ozubeného věnce setrvačníku spalovacího motoru.

Vlastní funkci navrženého spouštěče je možno rozdělit do pěti fází:

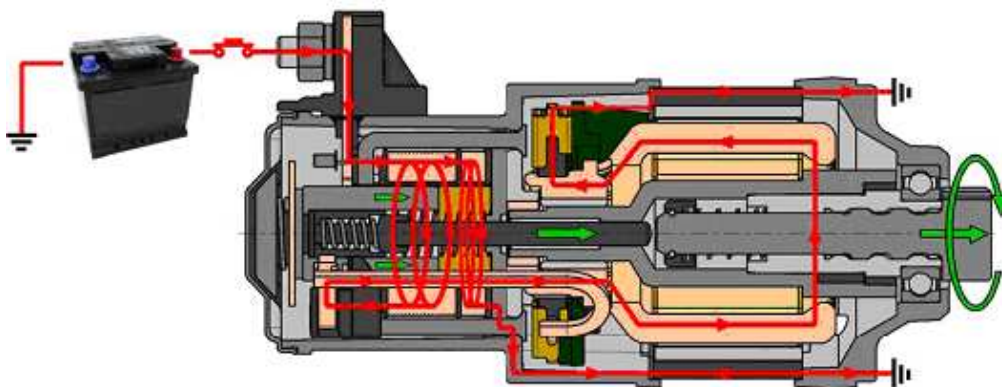
- a) spínání
- b) zasouvání
- c) protáčení
- d) vypnutí
- e) doběh

## Spínání

Po přivedení napětí na svorku „50“ spínače (sepnutí spínací skříňky viz. obr.1.7) proud protéká přídržným vinutím proti kostře a vtahovacím vinutím přes kartáče, vinutí kotvy a další kartáče na kostru. V důsledku toho se vybudí magnetický okruh spínače a pohyblivé jádro s kontaktním můstkem se začne vtahovat do cívky spínače a přes tlačnou tyč vysouvá pastorkovou hřídel s ozubením pastorku proti ozubení věnce setrvačníku spalovacího motoru (viz. obr.1.8.). Proti síle elektromagnetu působí síla vratné pružiny jádra spínače, vratná pružina pastorku spouštěče, setrvačné hmoty pohyblivých součástí, tření na stykových plochách a částečně také tlak vzduchu vytlačovaného pohyblivým jádrem z prostoru mezi jádrem a základní deskou spínače. Současně se nabudí magnetické pole kotvy proudem, který je omezen odporem vtahovacího vinutí elektromagnetického spínače a kotva se začne pomalu otáčet.



**Obr.1.7.** Elektrické schéma zapojení spouštěče AXIÁL, při spínání.



**Obr.1.8. Schematický způsob zapínání pastorku.**

### **Zasouvání**

Během zasouvání pastorku do ozubeného věnce setrvačníku může dojít k zablokování pastorku dosednutím na čelní plochu zubu věnce. V těchto případech umožňuje pomalé protáčení kotvy změnu polohy zubů pastorku tak, aby mohlo dojít k obnovení jeho axiálního pohybu a tím i zasunutí do mezizubové mezery věnce setrvačníku. Během tohoto procesu jsou silové kontakty spínače stále rozpojeny. Kotvu spouštěče pohání proud tekoucí jejím vinutím a současně vtahovacím vinutím spínače.

### **Protáčení**

Po zasunutí jádra spínače dojde k propojení silových kontaktů spínače (přes svorku „30“). Tím se zkratuje vtahovací vinutí spínače a proud, který tímto vinutím doposud procházel protéká nyní přes kontakty spínače a pozvolna zaniká. Silovými kontakty spínače začne protékat startovací proud z baterie do elektromotoru spouštěče. Jádro spínače ještě pokračuje v zasouvání (k dosedací ploše mu zbývá přibližně 1.5mm) čímž dále zvyšuje tlak na kontaktní můstek spínače. Tlaková síla působící na kontakty spínače je dána pouze silou kontaktní pružiny a nezávisí tedy na síle elektromagnetu. V této fázi dochází k prudkému nárůstu otáček, respektive kroutícího momentu elektromotoru spouštěče, který je bržděn záběrem pastorku do věnce spalovacího motoru. Spouštěč nyní protáčí spalovací motor. Po nastartování spalovacího motoru je pastorek unášen věncem setrvačníku do vysokých otáček, které se však nepřenášejí na kotvu spouštěče díky volnoběžce. Elektromotor spouštěče v této fázi pracuje v režimu „naprázdno“.



## Vypnutí

Po rozeznutí startovacího tlačítka přestane protékat proud svorkou 50. Obě vinutí spínače jsou nyní zapojena anti-sériově přes sepnuté kontakty spínače na zdroj napětí. Zdá se tedy, že nemůže dojít k odpadnutí jádra spínače, neboť vinutím spínače stále protéká proud (přibližně 10A). Jelikož je však nyní směr proudu v obou vinutích opačný a protože mají obě vinutí stejný počet závitů, dojde k vzájemnému vyrušení magnetického pole obou cívek, takže se jádro může začít za pomoci vratných pružin vracet do klidové polohy. Na pastorek již nepůsobí tlaková síla jádra spínače, tudíž se tento vrací silou své vratné pružiny zpět do klidové polohy čili ven z věnce motoru.

Přibližně po 30ms dojde k rozpojení silových kontaktů spínače, kterými protékal proud do kotvy spouštěče. K vypnutí spouštěče dochází zpravidla po nastartování spalovacího motoru, tedy v době, kdy se motor spouštěče otáčí volnoběžnými otáčkami. Proudový odběr spouštěče při rozpínání tedy bývá minimální, neboť indukované napětí kotvy je téměř shodné s napětím akumulátoru.

## Doběh

Po rozpojení kontaktů spínače přestane spouštěčem protékat proud z akumulátoru, elektromotor se však stále ještě otáčí vlastní setrvačností rotoru. Napětí indukované v kotvě elektromotoru vybudí proud, protékající oběma vinutími spínače. Vinutí jsou stále zapojena anti-sériově, jejich magnetické pole se ruší a na jádro spínače nepůsobí žádné elektromagnetické síly. Silové účinky proudu indukovaného v kotvě tedy pouze zkracují dobu doběhu motoru (setrvačná energie kotvy se mění na teplo převážně ve vinutí spínače).

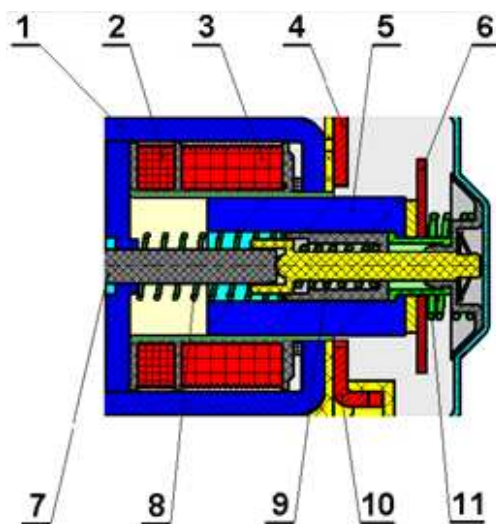
## Popis funkce spínače

Spínač spouštěče má dvě základní funkce:

- vysouvá pastorek spouštěče do věnce spalovacího motoru
- po vysunutí pastorku spíná silový obvod elektromotoru spouštěče

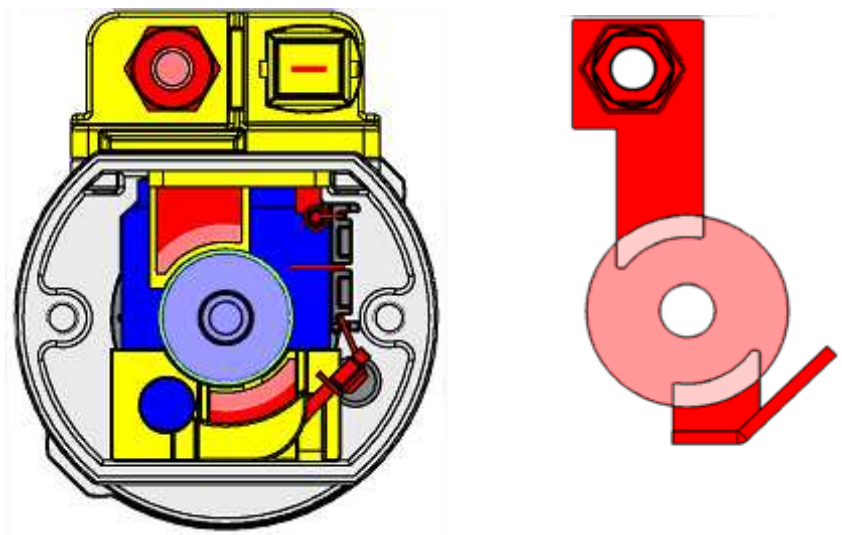
Vlastní spínač se skládá z elektromagnetu s vnějším pevným pláštěm a vnitřním pohyblivým jádrem. Elektromagnet tvoří dvojí vinutí – vtahovací a přídržné. Koncepce spínače s dvojím vinutím se používá u naprosté většiny spouštěčů, neboť poskytuje dostatečnou vtahovací sílu na relativně dlouhé vysouvací dráze a současně umožňuje snížení pracovního proudu (a s tím souvisejícího vyvíjeného tepla) po vtažení jádra.

Spínač je tvořen pláštěm (1) z magneticky měkké oceli, přídržného vinutí (2), vtahovacího vinutí (3), přívodního kontaktu (4), jádra (5) z magneticky měkké oceli, kruhového pohyblivého kontaktního můstku (6), tlačné vysouvací tyče (7) vysouvající pastorek, vratné pružiny (8) jádra, zasouvací pružiny (9), druhého kontaktního můstku (10) a přítlačné kontaktní pružiny (11).



**Obr. 1.9. Schematický řez spínače**

Kontakty spínače jsou stejně jako kontaktní můstek vylišovány z měděného plechu. Pevné kontakty mají tloušťku 2.5mm, pohyblivý můstek má kruhový tvar a jeho tloušťka je 1.5mm. Můstek je izolovaně upevněn na kruhovém pohyblivém jádru spínače, které pomocí tlačné tyče přímo vysouvá pastorek spouštěče. Mechanismus upevňující můstek umožňuje jeho kyvný pohyb. Výsuvná dráha jádra spínače má délku 14.5mm. Jelikož tlačná tyč spínače prochází středem hřídele rotoru spouštěče, může být tímto rotorem také unášena a během činnosti spouštěče se může volně otáčet. Svým druhým koncem také může unášet kruhové jádro spínače a s ním i kontaktní můstek. Kontaktní můstek tedy zpravidla dosedá na pevné kontakty různě natočen, tudíž je opotřebení jeho stykové plochy rovnoměrné. K otáčení jádra spínače a kontaktního můstku dochází pouze během přechodových dějů (vysouvání a vracení jádra), neboť po dosednutí jádra je toto fixováno třecími silami a naopak po návratu jádra do jeho výchozí klidové polohy se rozpojí přívodní kontakty elektromotoru, který se následně přestane otáčet.



**Obr. 1.10. Schematický pohled spínače shora.**

Celý spínací mechanismus se nachází v hliníkovém zadním víku spouštěče, které je uzavřeno víčkem vyliisovaným z ocelového plechu. Víčko slouží současně také jako zpětný doraz pohyblivého jádra spínače. Prostor spínače je chráněn proti vniknutí vody a nečistot pryžovými těsněními na všech stykových plochách mezi pláštěm spouštěče a vnějšími díly. Dutina však není hermeticky uzavřena, neboť se v nejnižším bodě nachází otvor pro odvod kondenzátu, jehož výskyt nelze v provozních podmínkách spouštěče zcela vyloučit.

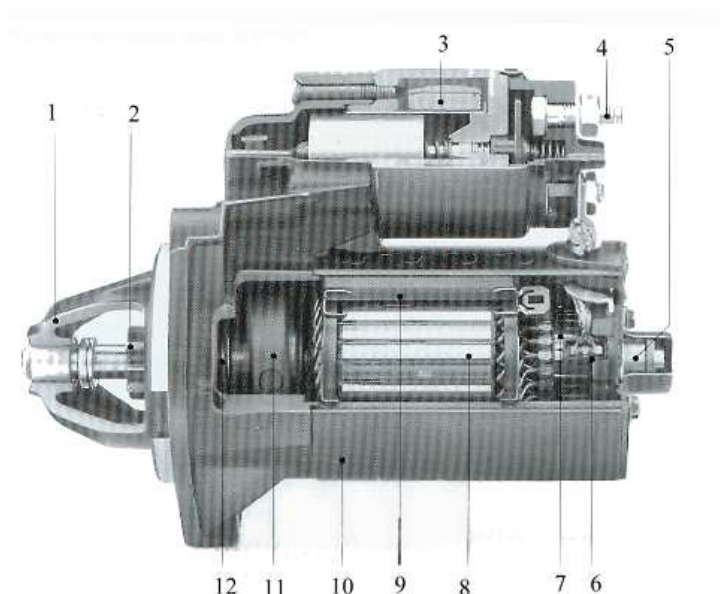
Během zkoušek nebyl v prostoru spínače zjištěn výskyt významného znečištění cizími prachovými částicemi, vnitřní plochy hliníkového pláště a okolí kontaktů však bývají pokryty tenkou vrstvou měděného prachu pocházejícího z opálených kontaktů spínače. Tato skutečnost se jeví jako potenciálně problematická, neboť měděný prach znečišťuje kluznou plochu pohyblivého jádra (což může následně způsobit jeho zablokování) a může mít také za následek zvětšení svodového proudu sv. 30, která je trvale pod napětím.

## **1.2. Konstrukční řešení přenosu točivého momentu $M_k$ od elektromotoru.**

- spouštěč bez reduktoru
- spouštěč s reduktorem, planetový převod
- spouštěč s reduktorem, vnější přímý převod
- spouštěč s vnitřním přímým převodem

### 1.2.1. Spouštěč bez reduktoru.

Základní provedení spouštěčů (u evropských výrobců) až do konce osmdesátých let. Výhodou je především jednodušší konstrukce, tím i vyšší spolehlivost a nižší výrobní náklady. Nevýhodou větší rozměry (průměr elektromotoru), hmotnost a z hlediska startovatelnosti motoru i méně příznivý průběh záběrového momentu. Proto bylo u většiny výrobců toto provedení nahrazeno spouštěči reduktorovanými. V poslední době se u renomovaných výrobců s touto koncepcí představila f. Valeo, vzhledem k omezeným výkonovým parametrům byl však spouštěč řady D7ES6 z projektu 1,2 l motoru ŠKODA stažen. Na výkrese 1.11 je ukázán spouštěč bez reduktoru firmy Bosch.



1- tělo soukolí, 2- pastorek, 3 - cívka elektromagnetu, 4 - kontaktní můstek, 5- ložisko komutátoru, 6- uhlíky, 7- komutátor, 8- kotva, 9- stator, 10- tělo spouštěče, 11- pojistný kroužek, 12 -pružina

**Obr.1.11. Spouštěč bez reduktoru**

### 1.2.2. Spouštěč s reduktorem, planetový převod.

Elektromotoru mohou při malých rozměrech dosáhnout velkého výkonu tím, že jsou navrženy na vysoké otáčky, protože jak je známo, výkon je dán součinem točivého momentu  $M$  a úhlové rychlosti  $\Omega$ .

$$P = M \cdot \Omega$$

Aby motor s takovými vlastnostmi mohl být využit pro spouštění spalovacích motorů, přímo v elektromotoru mezi rotorem a výstupním hřídelem zabudována planetová převodovka s převodem 1: 3,3.

Planetový převod (viz. obr.1.13.) zachovává souosost náhonu a elektromotoru a využívá maximum dílců ze spouštěčů bez reduktoru (spínač s vysouvacím systémem a volnoběžkou, mění se pouze elektromotor a navíc přistupuje převod).

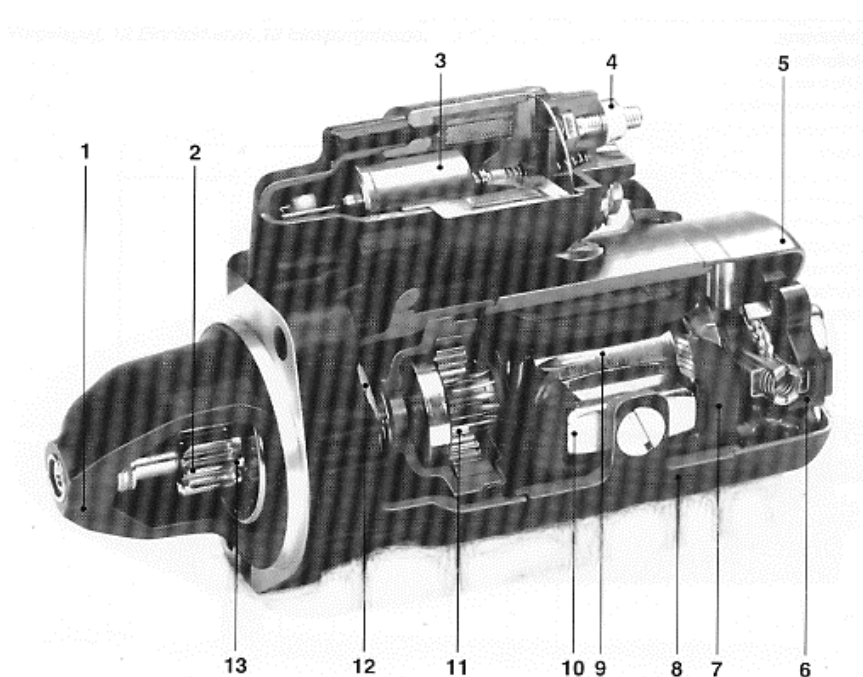
Ze zahraničních vzorků spouštěčů známe provedení planetového převodu v následující konfiguraci:

**Korunové kolo** = plastové (velmi časté), ocelolitinové, ocelové tvářené, ocelové sintrované (též velmi často užívané), tvářené z hliníkové slitiny.

**Satelity** = ocelové, ocelové sintrované (nejčastější).

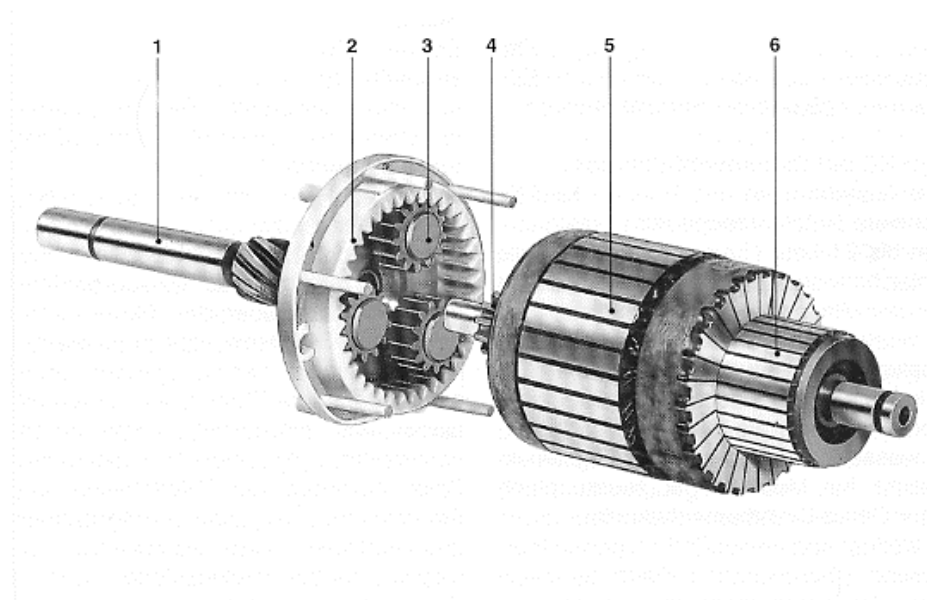
**Pastorek** = ocelový, přímo na hřídeli kotvy. Někdy i výměnný na drážkované hřídeli kotvy (z důvodu změny převodového poměru popřípadě z výrobních důvodů).

Pro tlumení rázů musí být kovové korunní kolo uloženo v amortizátorech rázů. Satelity jsou převážně uloženy na jehlových pouzdrech. Ze servisů je avizováno, že se jedná o nejporuchovější část (hlavně v plastovém provedení korunního kola). Představitelem tohoto provedení je řada spouštěčů Bosch 1,1 kW – 1,8 kW (viz. obr.1.12.) a spouštěče Valeo, který jsme použili k měření.



1-tělo soukolí, 2 – pastorek , 3- přesunutý jádro, 4- kontaktní můstek ,  
5- tělo komutátoru, 6- uhlíky, 7- elektromagnet, 8- tělo spouštěče, 9 – kotva ,10 – jádro  
elektromagnetu, 11- planetární soukolí, 12- pružina, 13 – výstupní hřídel

**Obr. 1.12. Spouštěč s planetový převod firmy Bosch**



1-výstupní hřídel, 2- věncové kolo, 3- satelity, 4- ozubené kolo kotvy, 5 – kotva , 6- komutátor

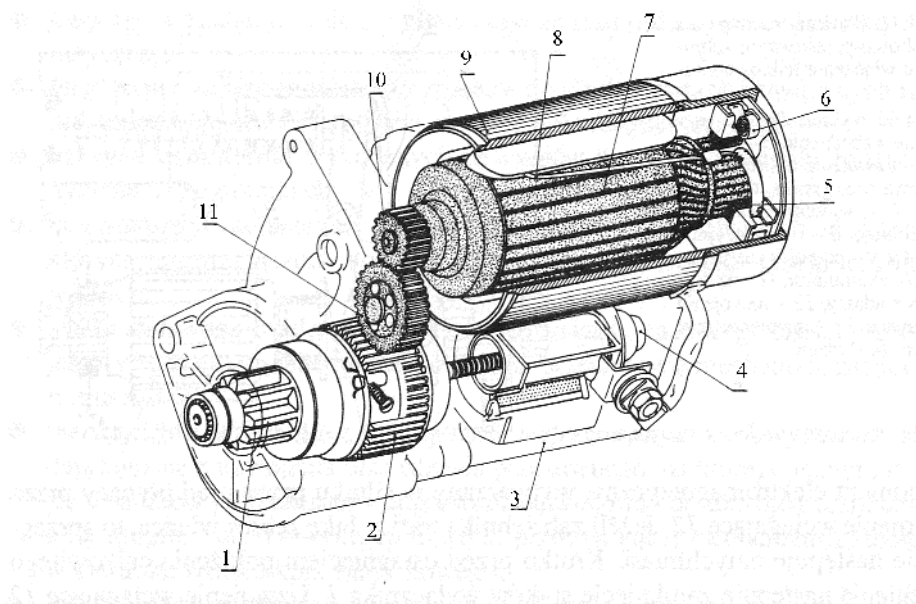
**Obr. 1.13. Mechanismus redukce rychlosti v spouštěči s planetárním soukolím.**

### **1.2.3. Spouštěč s reduktorem, vnější přímý převod.**

Ozubené kolo je přímo součástí volnoběžky, jejíž pracovní dráhy jsou umístěny v jeho vnitřní části. Hlavní předností je výrobní jednoduchost. Naopak nevýhody spočívají v nesouososti náhonu a elektromotoru, což zvyšuje prostorové nároky při umístění na motoru či převodovce a ve vyšší hlučnosti čelního převodu. Představitelem tohoto provedení je spouštěč MAGNETON 1 kW, typ 9141 310, často se tato koncepce objevuje také u japonských výrobců (Denso, Hitachi)

#### 1.2.4. Spouštěč s vnitřním přímým převodem

Tato koncepce má menší nesouosost než provedení dle bodu. 1.2.1. a 1.2.2, v záběru je více zubů. Kolo z vnitřním ozubením je vyráběno práškovou technologií (ocelové, sintrované). Představitelem tohoto provedení je spouštěč Valeo řady D9R. Způsob náhonu nám ukazuje obr. 1.14.



1 – hnací pastorek, 2 – jednoosá spojka, 3 – elektromagnetický vypínač, 4 – jádro elektromagnetického spínače, 5 – uhlíky, 6 – pružina uchycení uhlíku, 7 – rotor náhonu, 8 – cívka magneta, 9 – tělo motoru, 10 – ozubené kolo náhonu, 11 – střední ozubené kolo

**Obr.1.14. Spouštěč s vnitřním přímým převodem**

## 2. Měření a hodnocení fyzikálních veličin (napětí,proud,otáčky) při teplotách $-24^{\circ}\text{C}$ a $+22^{\circ}\text{C}$ .

Měření se událo v klimatizované komoře o teplotě  $-24^{\circ}\text{C}$  a  $+22^{\circ}\text{C}$ , při použití speciální přizpůsobené aparatury (viz. obr.1.13.). Měření poléhalo na proměření fyzických hodnot,jmenovitě: napětí proudu, intenzitě proudu, otáčky motoru v průběhu náběhu motoru 1.2l 47kW. Velikosti poklesu napětí a napětí proudu byly změřeny bezprostředně na akumulátoru, naopak otáčky motoru jsme měřili čidlem na hnacím kole. Měření jsme provedli na spouštěcích:

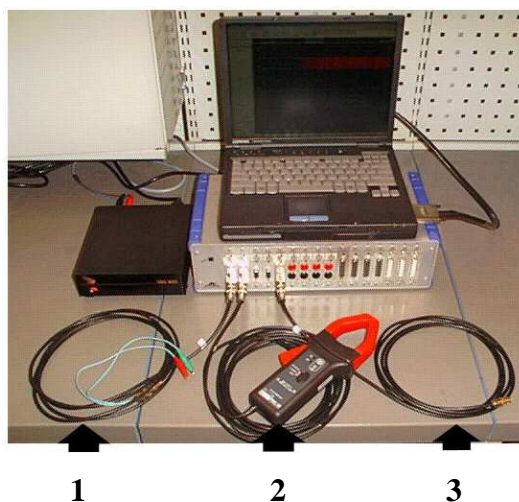
- startér f. Valeo s planetovou převodovkou (reduktorem)
- startér f. Magneton, typ Axiál bez planetové převodovky (reduktoru)

### Měřicí podmínky:

- stálé otáčky rotoru startéru 250 [1/min]

### Zkušební start tříválcového motoru 1.2l 47kW

- pouze protáčení spalovacího motoru po dobu 10s, bez spalovacího procesu
- temperování vozidla v klimatické komoře 12 hodin
- baterie 44[Ah] připravená (vybitá) na 80% kapacity



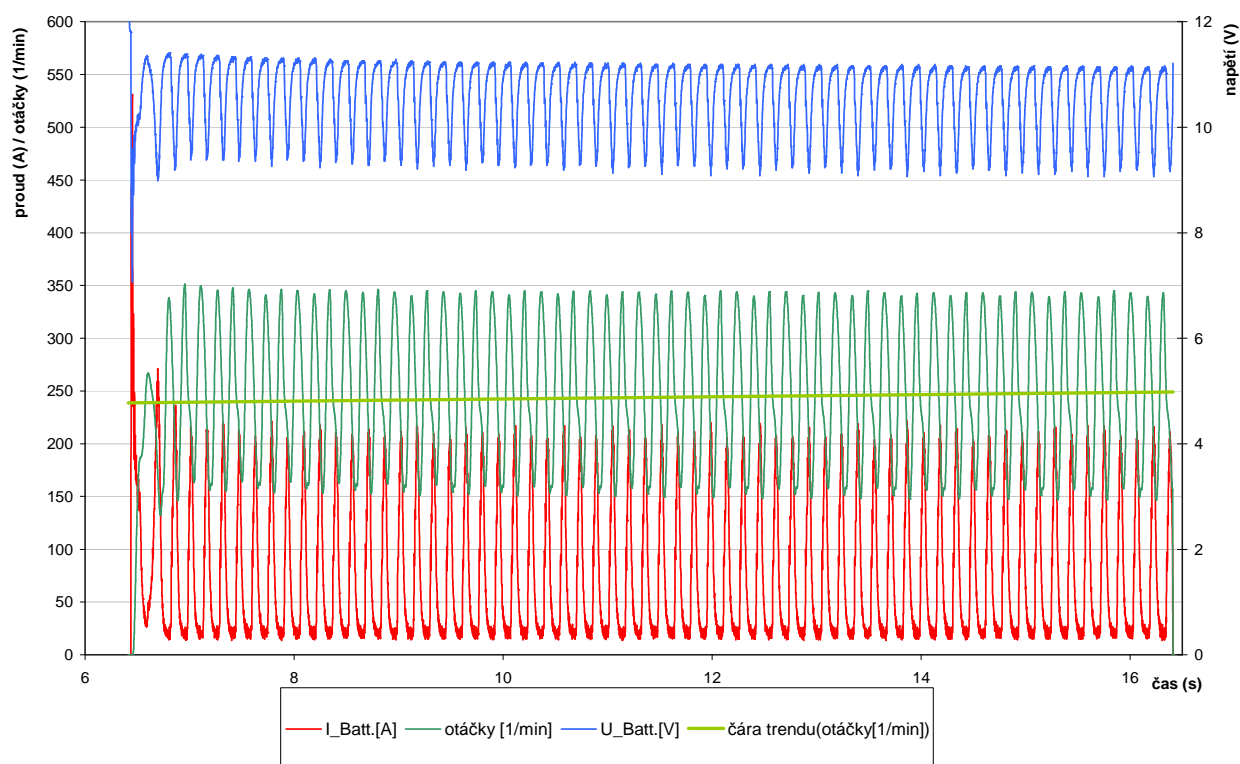
1. napěťová sonda mezi svorkami baterie; 2. proudová sonda na přívodním kabelu ke startéru;
3. inkrementální snímač otáček na klikové hřídeli;

**Obr.2.1. Přístrojové vybavení pro měření fyzikálních veličin startu spalovacího motoru.**

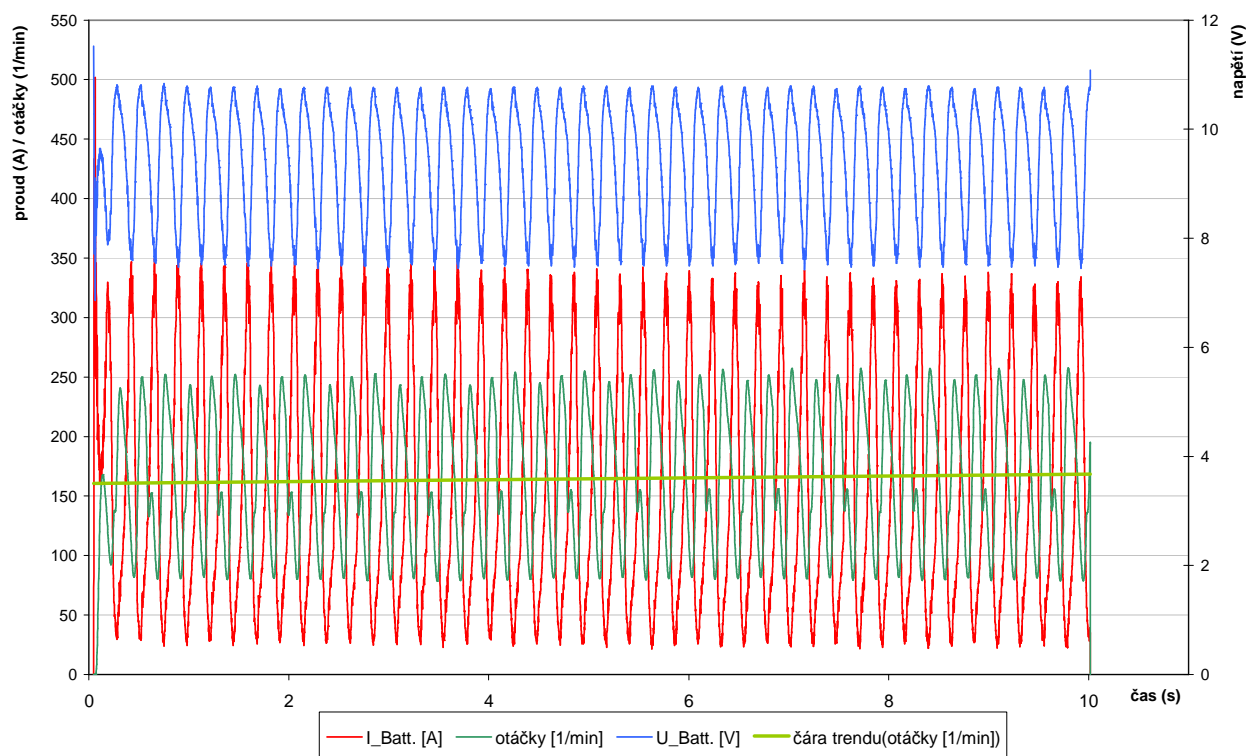


## 2.1. Výsledky zkoušek fyzikálních veličin.

### 2.1.1 Pro startér f. Magneton, typ Axiál.

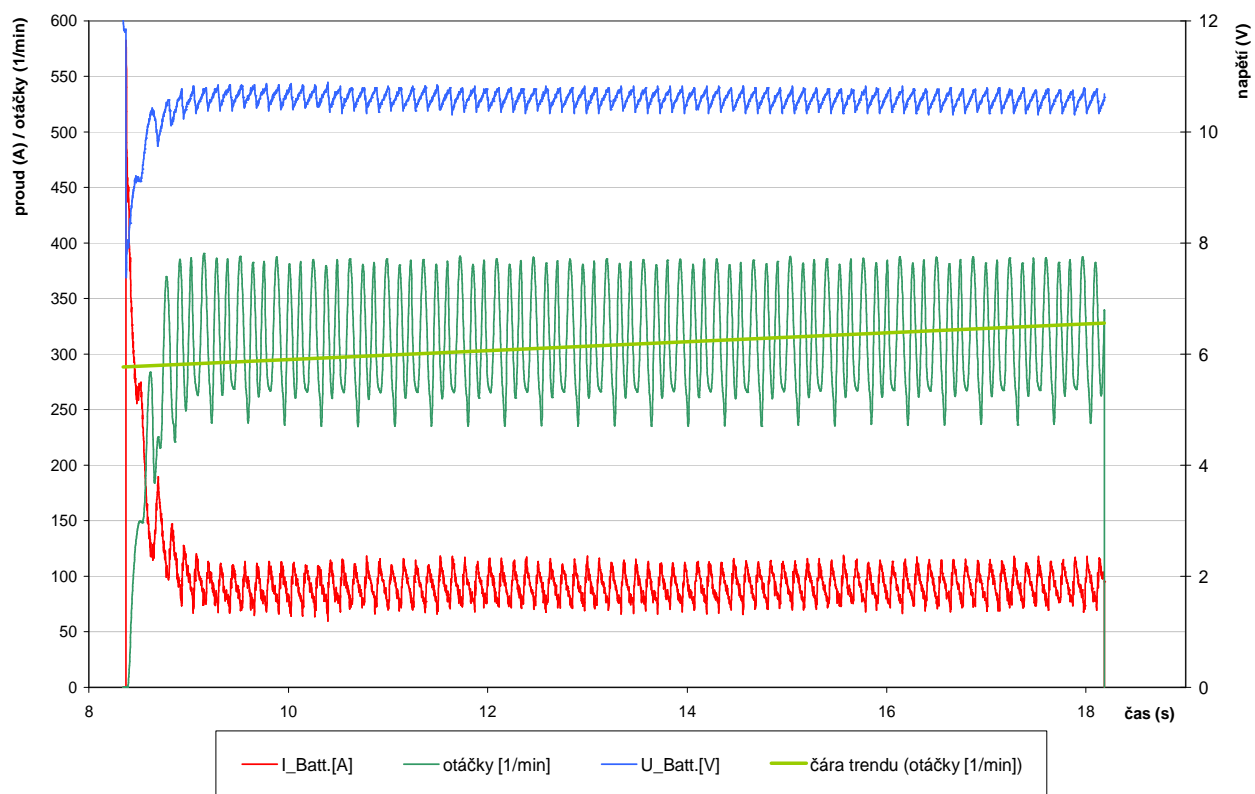


**Obr.2.2** Měření při teplotách +22°C

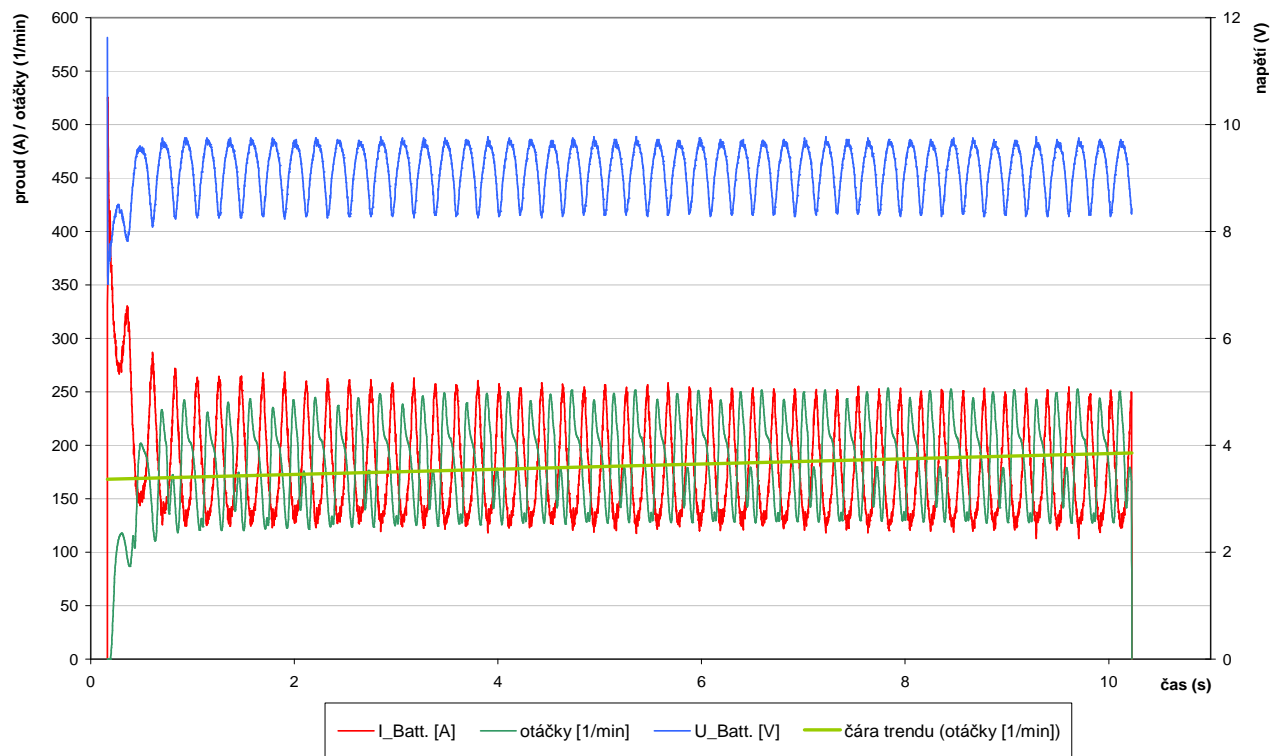


**Obr.2.3.** Měření při teplotách -24 °C

## 2.1.2 Pro startér f. Valeo.



**Obr.2.4. Měření při teplotách +22 °C**



**Obr.2.5. Měření při teplotách -24 °C**

### 2.1.3 Hodnocení fyzikálních veličin.

Analizujíc výše uvedené grafy můžeme zjistit, že rychlosti otáček motoru v průběhu procesu náběhu firmy Valeo a Magneton zmenšuje se výrazně spolu se snižující se teplotou v jaké též startér pracuje. Je výrazně vidět v obou dvou případech, že porovnávajíc napětí proudu z akumulátoru a otáčky motoru při teplotách  $+22\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$  padají jejich hodnoty. Pro vhodné spouštěče tedy máme:

#### **Pro startér firmy Valeno:**

Při  $+22\text{ }^{\circ}\text{C}$

Střední hodnota otáček - 308,298 [1/min]

Střední hodnota napětí pobíraného proudu z baterie - 10,562 [V]

Při  $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$

Střední hodnota otáček - 180,568 [1/min]

Střední hodnota napětí pobíraného proudu z baterie - 9,128 [V]

#### **Pro spouštěč firmy Magneton, typ AXIÁL:**

Při  $+22\text{ }^{\circ}\text{C}$

Střední hodnota otáček - 243,868 [1/min]

Střední hodnota napětí pobíraného proudu z baterie - 10,588

Při  $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$

Střední hodnota otáček - 164,536 [1/min]

Střední hodnota napětí pobíraného proudu z baterie – 9,405

Příčina tak značných hodnot rozdílů napětí a otáček motoru v průběhu měření při teplotách  $+22\text{ }^{\circ}\text{C}$  i  $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$  není konstrukce samotných startérů. Jestliže se snižuje teplota, vzrůstá vnitřní rezistence baterie a napětí na baterii uléhá zmenšení. Současně se zmenšuje rychlost otáček startéru a rychlost otáček motoru v průběhu náběhu.

Druhá příčina zmenšení rychlosti otáček motoru společně se snížením teploty je to, že v průběhu snížení teploty se zvětšuje odpory tření, které vystupují v motoru v průběhu náběhu. Svázané je to hlavně se zmenšením vlastností mazaných centrálních částí motoru.

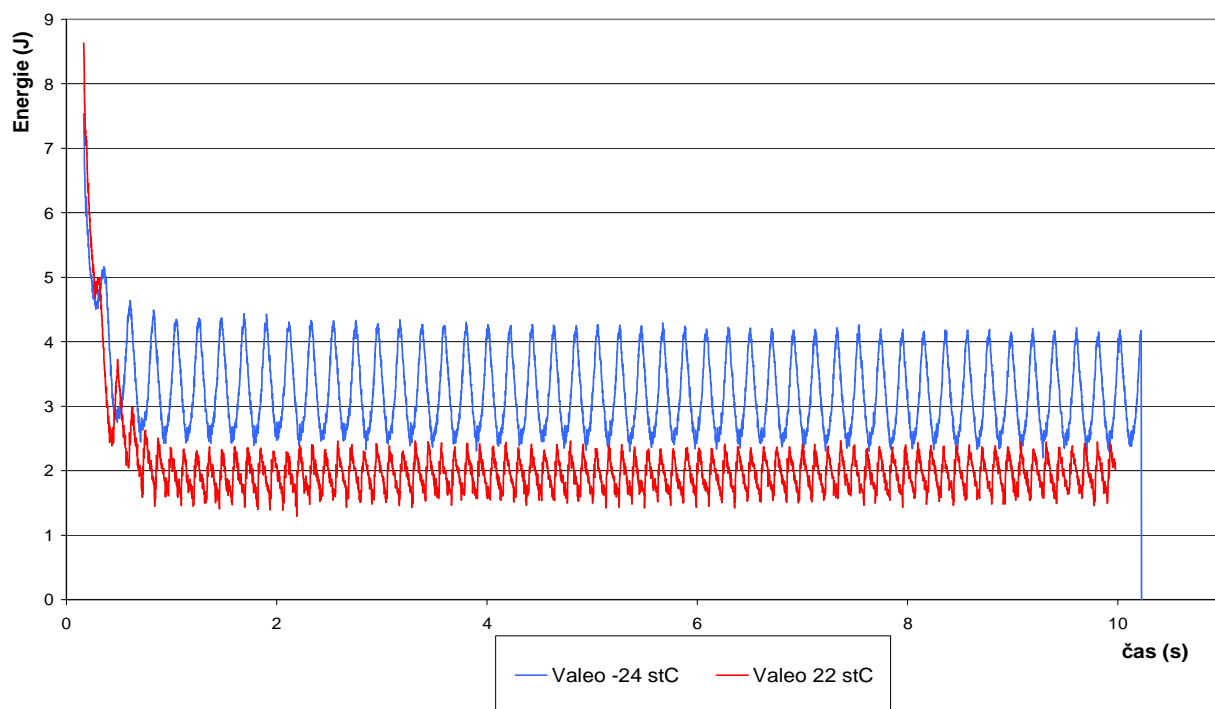
Střední otáčky motoru při náběhu startéru f. Valeo jsou větší než v případě startéru firmy Magneton. Je to důležitým činitelem, který může ulehčit náběh motoru zvláště v nízkých teplotách.

Na grafech zobrazujících napětí a intenzitu proudu pobíraného z baterie v průběhu náběhu a také otáčky motoru můžeme zahlédnout pulsy těchto hodnot. Pulsace je odzrcadlením změn hodnoty odporového momentu motoru v průběhu jeho náběhu. Vidět je výrazně, že pulsy jsou menší než v případě startéru Magneton. Menší pulsy jsou výsledkem toho, že startér může přenést větší moment odporu od motoru. Tato vlastnost mu umožňuje použít v jeho konstrukci planetární soukolí. Kterou přes rozložení napětí mezi zuby rozkládá na větší počet ozubených kol (kol oběžných). Zvláště se hodí k přenášení velkých sil při stejně vysokých hodnotách.

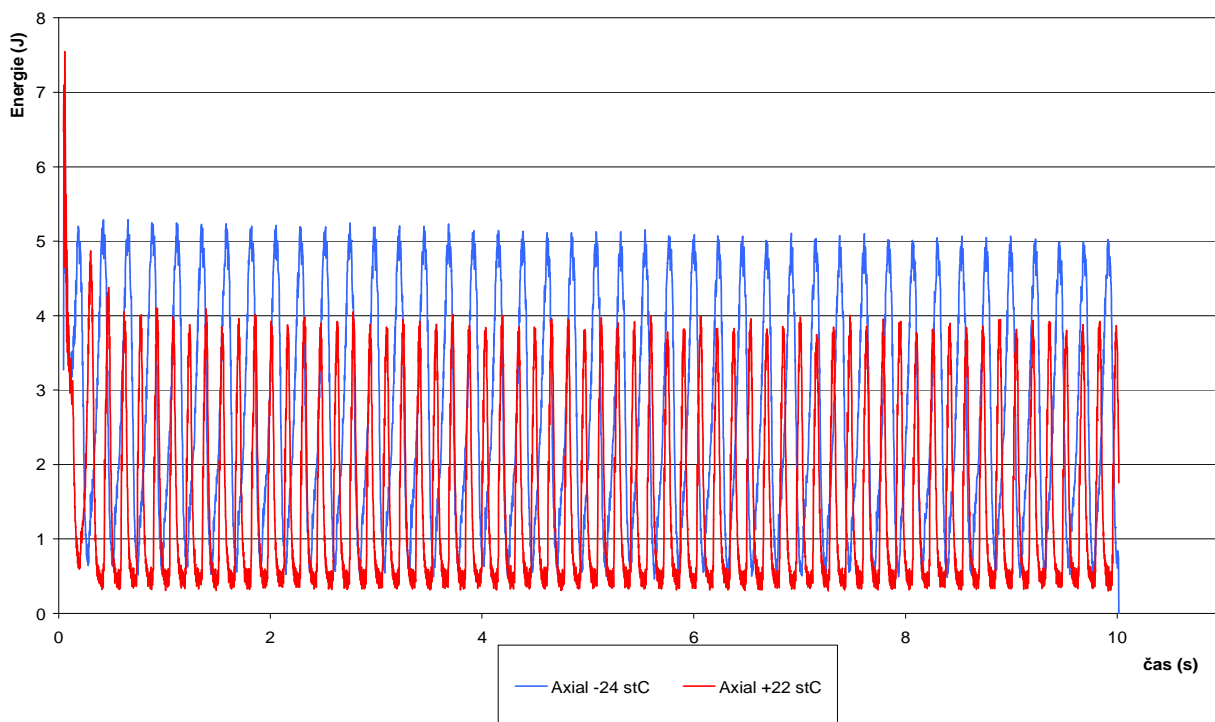
Pulsující napětí a intenzita proudu pobíraného z baterie v průběhu motoru nemá vliv na životnost baterie a také na rychlost její vybití. Mají jedině vliv na životnost samého startéru.

## 2.2. Energetické zatížení baterie.

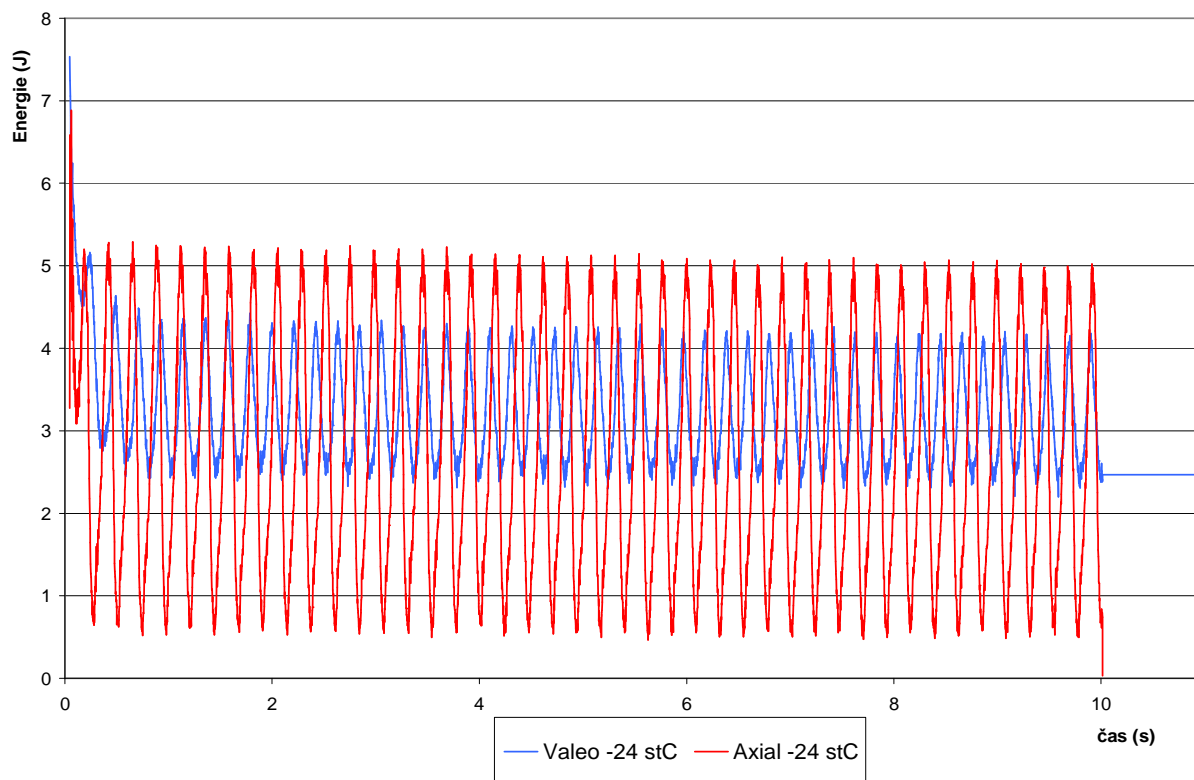
### 2.2.1. Výsledky energetického zatížení baterie.



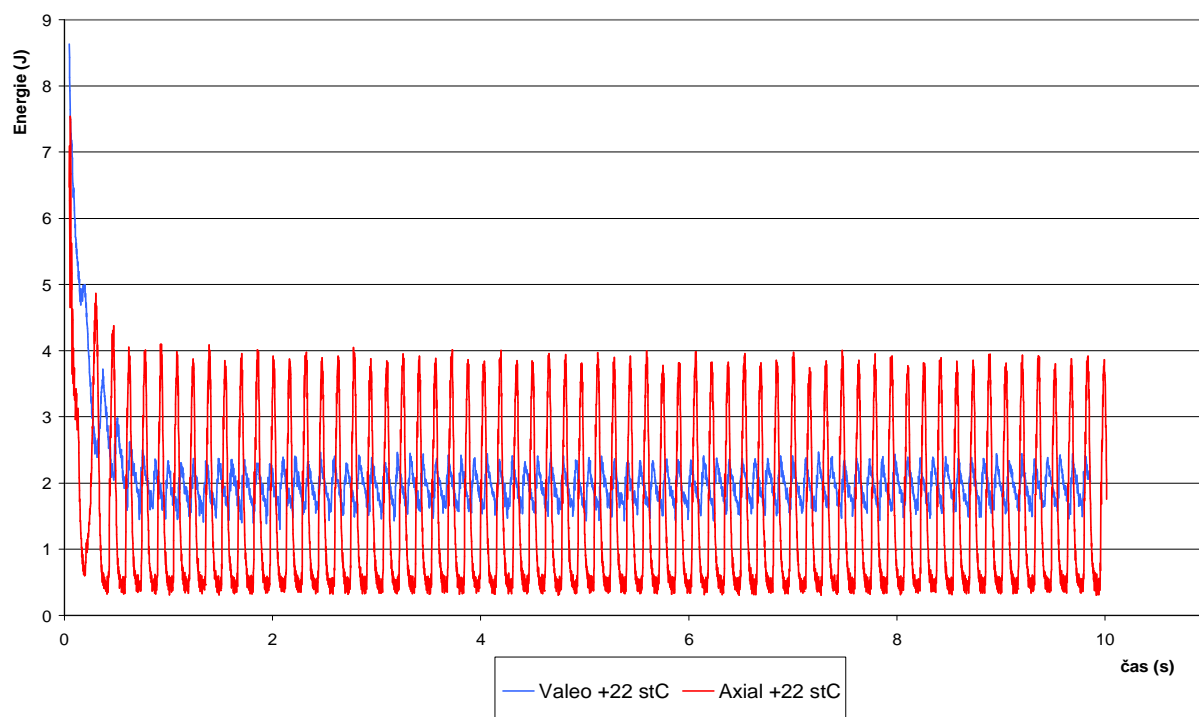
**Obr. 2.6.** Energetické zatížení baterie při teplotách  $-24^{\circ}\text{C}$  a  $+22^{\circ}\text{C}$  pro startér f. Valeo.



**Obr. 2.7.** Energetické zatížení baterie při teplotách  $-24^{\circ}\text{C}$  a  $+24^{\circ}\text{C}$  pro startér f. Magneton, typ Axiál.



**Obr. 2.8. Energetické zatížení baterie při teplotách  $-24^{\circ}\text{C}$  pro startér f. Magneton (typ Axiál) a startér f. Valeo.**



**Obr. 2.9. Energetické zatížení baterie Při teplotách  $+22^{\circ}\text{C}$  pro startér f. Magneton (typ Axiál) a startér f. Valeo.**

### 2.2.2. Hodnocení energetického zatížení baterie.

Při analýze výše uvedených výkresů energie odebírané startéry z baterií si můžeme všimnout, že stejně jako v případě výkresu napětí a otáček motoru se odběr energie z baterie startérem mění spolu se změnou teploty. V tomto případě však spolu se snížením teploty, v níž startér pracuje, se zvyšuje odběr energie z baterií. Tento jev souvisí především se značně zvýšenou intenzitou proudu odebíraného startérem v nižší teplotě. Víme, že energii odebíranou z baterií můžeme vypočítat ze vzoru:

$$E_{(t)} = \int U_{(t)} \cdot I_{(t)} dt \text{ [J]}$$

I přes snížení napětí odebíraného proudu  $U_{(t)}$  startérem je odebíraná energie vyšší v nižších teplotách v důsledku podstatně vyšší intenzity odebíraného proudu  $I_{(t)}$ . Pro příslušné startéry tedy máme:

Střední hodnota energie pobíraná přes spouštěč z baterie

#### **Pro spouštěč firmy Valeo:**

Střední hodnota energie pobíraná přes spouštěč z baterie:

Při +22 °C - 2,042665 [J]

Při -24 °C - 3,254092 [J]

#### **Pro spouštěč firmy Magneton, typ AXIÁL:**

Střední hodnota energie pobíraná přes spouštěč z baterie:

Při +22 °C - 1,538871 [J]

Při -24 °C - 2,683548 [J]

Z těchto měření je výrazně vidět že, spouštěč Valeo pobírá nekompromisně více energie z baterie než spouštěč Magneton. Vyplývá to hlavně z toho, že spouštěč Valeo má větší výkon (1,1 kW) než spouštěč Magneton (1kW).

Jejich účinnost není možné detailně určit bez provedení dalších měření a momentu odporu motoru v průběhu jeho náběhu. Můžeme jedinečně vypočítat přibližným způsobem, za předpokladu, že moment odporu motoru  $M$  je stálý. Víme, že správnost je poměr dané síly  $P_{odd}$  přes zařízení k síle jakou to zařízení spotřebovalo  $P_{pob}$ . Jako sílu spotřebovanou můžeme přijmout energii střední  $E_{sr}$ , jakou spotřeboval spouštěč z akumulátoru, namísto sílu oddanou můžeme vypočítat ze součinu rychlosti otáček motoru  $\omega$  a momentu odporu motoru  $M$  při náběhu. Takže máme:

$$\eta_{Valeo} = \frac{P_{odd}}{P_{pob}} = \frac{\omega_{Valeo} \bullet M}{E_{sr(Valeo)}} \quad M = const$$

$$\eta_{Axial} = \frac{P_{odd}}{P_{pob}} = \frac{\omega_{Axial} \bullet M}{E_{sr(Axial)}}$$

Porovnávajíc správnost spouštěčů dostaneme:

$$\frac{\omega_{Valeo} \bullet M}{E_{sr(Valeo)}} = \frac{\omega_{Axial} \bullet M}{E_{sr(Axial)}} \quad | : M$$

$$\frac{\omega_{Valeo}}{E_{sr(Valeo)}} = \frac{\omega_{Axial}}{E_{sr(Axial)}}$$

Pro teplotu +22 °C

$$\frac{308,298}{2,042665} = \frac{243,868}{1,538871}$$

$$150,93 \neq 158,47$$

Z obdržených hodnot můžeme odvodit, že správnost spouštěnu jsou na podobné úrovni. Minimální lepší správnost vykazuje spouštěč firmy Magneton. Nejsou to jednak výpočty v plné míře, které udávají skutečnost. Ten rozdíl může být následkem z toho, že moment odporu motoru při náběhu není stálý. Výsledek je to, že zvětšení odporu tření v motoru společně z jeho zvětšenou uhlovou rychlostí při náběhu. Z tohoto důvodu tak jak jsem napsal již dříve k provedení pravidelných výpočtu jsou potřebné hodnoty chvilkového odporu momentu v průběhu jeho náběhu. Zdá se mi, že v tom případě kritérium porovnávání správnosti spouštěčů není v plné míře správný.

Na grafech zobrazující odběr energie z baterii přes startér můžeme zahlédnout pulsující jejich hodnoty. Váže se to tak jak v případě napětí a intenzity proudu se změnným momentem odporu motoru v průběhu jeho náběhu. Pulsy energie sou menší v spouštěči Valeo a to tak jak v předešlém případě, je to závislost z důvodu použití planetárního soukolí.



Pulsující odběr energie nemá vliv na životnost baterie a také na její rychlost vybití. Více důležitější vlastnost vybití baterie je zde střední hodnota pobírané energie. Vidět je, že startér Valeo pobírá více energie z baterie než Magneton. V podmínkách o nízké teplotě, kdy je zmenšena energetická hodnota baterie a vzrůstá její vnitřní rezistence, větší odběr energie z baterie více působí na vybití baterie.

### **3. Měření a hodnocení frekvenčního spektra přenosu vibrací při startu motoru.**

#### **3.1. Měření frekvenčního spektra přenosu vibrací při startu tříválcového zážehového motoru 1.2l 47kW.**

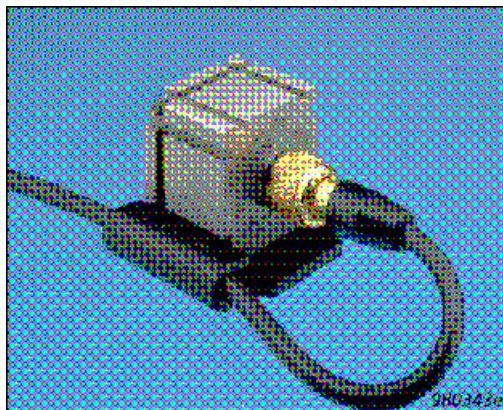
Měření bylo provedeno na vozidle Škoda Fabia s tříválcovým benzínovým motorem o objemu 1,2 l a výkonu 47 kW.

Měření poléhalo na změření spektra vibrací přenášných na karoserii vozidla v průběhu náběhu motoru při použití dvou různých startérů:

- startér f. Valeo s planetovou převodovkou (reduktorem)
- startér f. Magneton, typ Axiál bez planetové převodovky (reduktoru)

Užitá aparatura k měření je speciální aparatura k měření vibrací v soubor v který vchází:

- čidla k modulové analýze (viz. obr.3.1.)
- Analyzátor Real - time Frequency Typ 2144 (viz. obr.3.2.)
- Měřicí přístroj firmy Bruel & Kjaer (viz. obr.3.3.)



***Obr.3.1. Čidla k modulové analýze***



***Obr. 3.2. Měřicí přístroj firmy Bruel & Kjaer***



***Obr.3.3. Analyzátor Real - time Frequency Typ 2144***

Měření bylo vykonáno ve třech bodech upevnění motoru karoserie a také v stalém bodě podvozku.  
Rozložení bodu měření ukazuje nákres (viz. obr.3.4.).



***Obr. 3.4. Body měření***



***Obr.3.5. Bod měření 1 (levý  
rameno motoru)***



***Obr.3.6. Bod měření 2 (pravý  
rameno motoru)***



**Obr. 3.7. Bod měření 3 (stalý bod na podvozku vozidla)**



**Obr. 3.8. Bod měření 4 (rameno přídržující od spodu)**

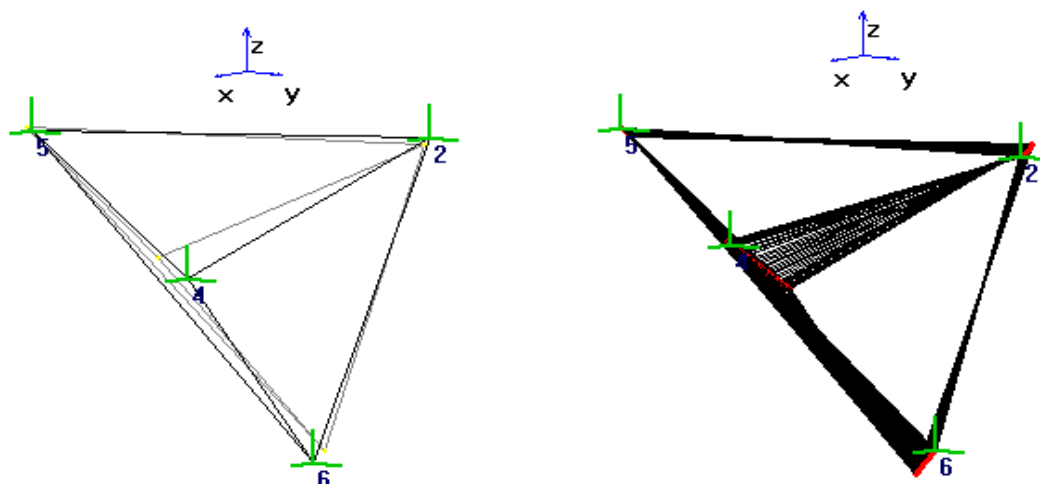
K měření byl použit program PTK verze 5. Tento program má hodně možností, umožňuje např.: zobrazení práce zařízení s frekvencemi které jsou jednoznačně frekvencemi rezonančními jednotlivých elementu vcházejících v soubor zařízení. Program ve velmi krátkém čase ukazuje změny stavu rovnováhy a příčiny těchto změn. Po vykonání měření všechny body měření jsou posílány do počítače.

K zobrazení výsledku zůstal použit modul programu PTK, který je Animátor. Slouží jako prostředník prostých modelů a odpovědí reálného zařízení. Konstrukce takového prostého modelu se opírá na bodech měření vybraných k analýze.

## 3.2. Výsledky měření frekvence spektra vibrací.

### 3.2.1 Výsledky pro startér f. Valeo s planetovou převodovkou (s reduktorem).

Výsledky měření o frekvenci 8 Hz

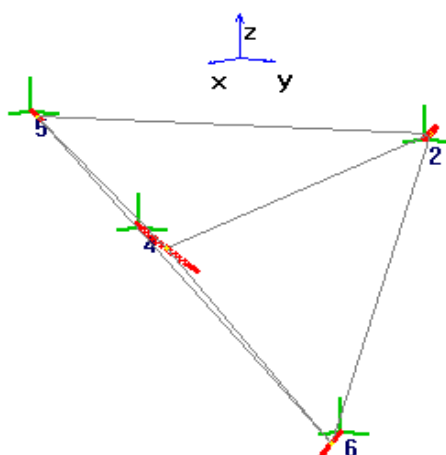


**Obr.3.9. Zobrazeny vibrací při 8 [Hz] (zvětšení -7.85)**

bod	Posunutí Amplituda [ $\mu\text{m}$ ]			Zrychlení Amplituda [ $\text{m/s}^2$ ]			Fáze [°]		
	x	y	z	x	y	z	x	Y	z
2	1,681e+03	668,828	358,564	4,247	1,690	0,906	16,3	21,4	216,6
4	2,037e+03	2,043e+03	2,391e+03	5,147	5,162	6,040	9,6	204,7	20,9
5	241,251	428,822	438,163	0,610	1,083	1,107	331,2	197,7	3,0
6	1,673e+03	321,946	896,956	4,226	0,813	2,266	185,0	220,4	0,0

**Tab.3.1. Maximální amplitudy ve směru při 8 [Hz]**

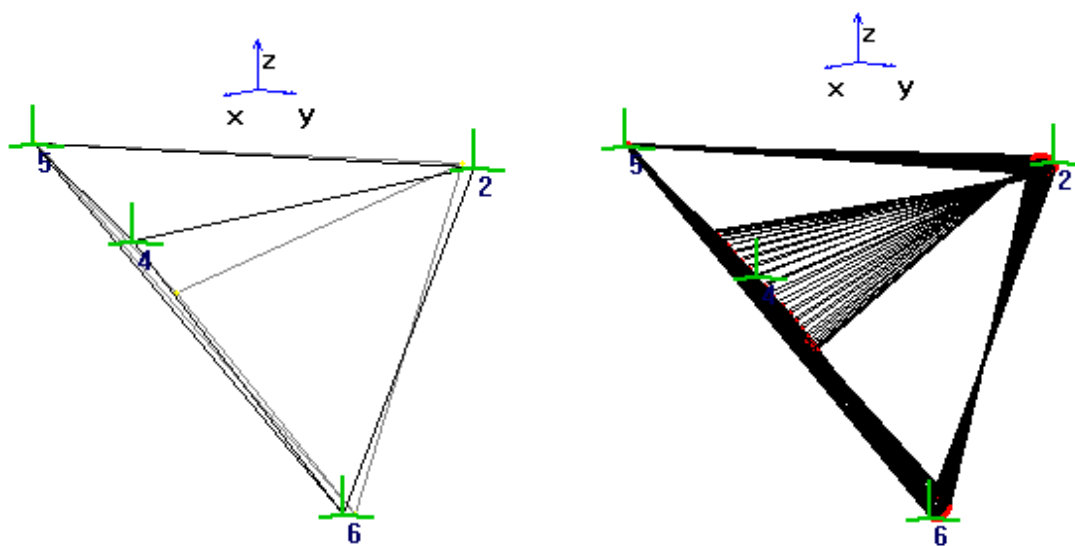
Umístěné body měřené v průběhu vibrací při 8 [Hz] , ukazuje náčrt (viz. obr.3.10.)



**Obr.3.10. Umístěné body měřené v průběhu vibrací při 8 [Hz]**



## Výsledky měření o frekvenci 16 [Hz]

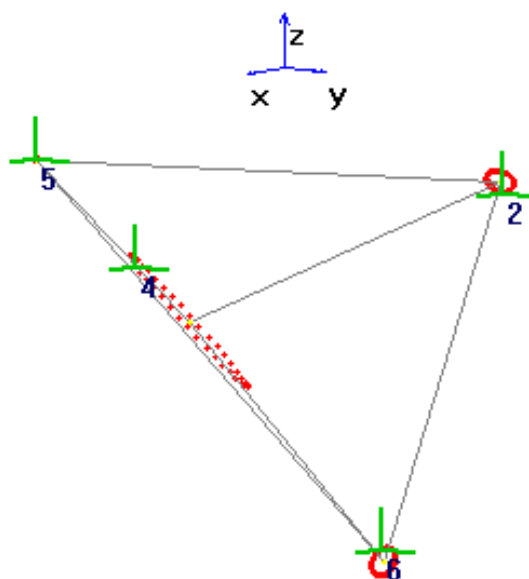


**Obr.3.11. Zobrazeny vibrací při 16 [Hz] (zvětšení -50)**

bod	Posunutí Amplituda [ $\mu\text{m}$ ]			Zrychlení Amplituda [ $\text{m/s}^2$ ]			Fáze [ $^\circ$ ]		
	x	y	z	x	y	z	x	Y	z
2	62,944	23,926	30,447	0,636	0,242	0,308	49,3	329,4	135,3
4	58,017	194,408	189,824	0,586	1,965	1,918	335,0	120,4	302,3
5	8,259	14,423	7,083	0,083	0,146	0,072	40,8	43,9	33,2
6	49,571	24,393	37,227	0,501	0,247	0,376	223,4	136,8	0,0

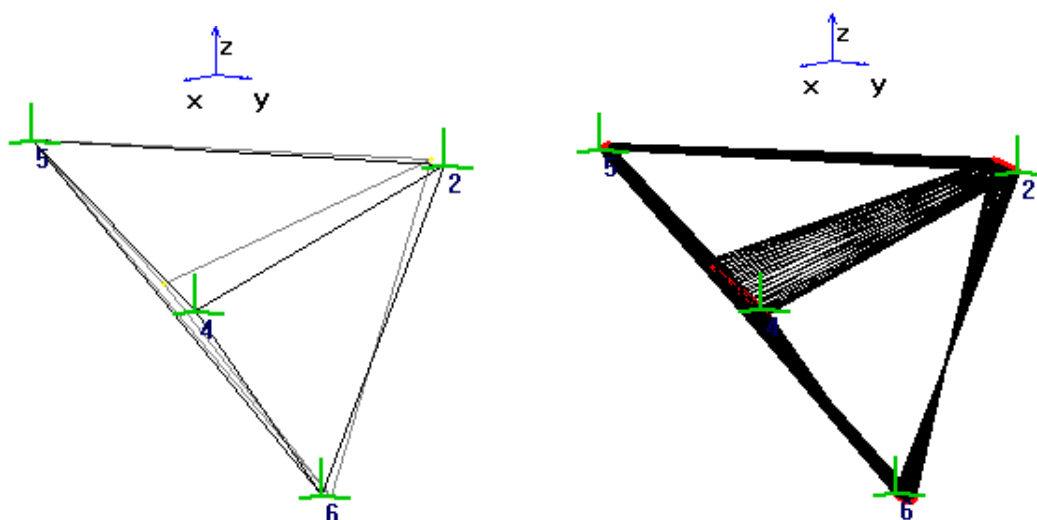
**Tab.3.2. Maximální amplitudy na směru při 16 [Hz]**

Umístění body měřené v průběhu vibrací při 16[Hz], ukazuje náčrt (viz. obr.3.12.)



**Obr.3.12. Umístění body měřené v průběhu vibrací při 16 [Hz]**

### Výsledky měření o frekvenci 24 [Hz]

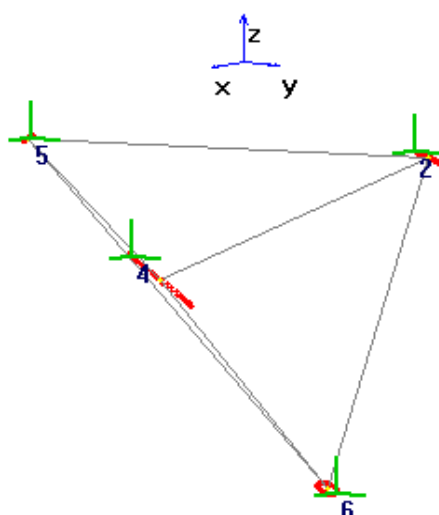


**Obr.3.13. Zobrazeny vibrací při 24 [Hz] (zvětšení -67,3)**

bod	Posunutí Amplituda [ $\mu\text{m}$ ]			Zrychlení Amplituda [ $\text{m/s}^2$ ]			Fáze [ $^\circ$ ]		
	x	y	z	x	y	z	x	Y	z
2	15,393	8,200	8,579	0,350	0,186	0,195	129,5	341,2	144,9
4	21,762	30,972	30,436	0,495	0,704	0,692	115,5	305,3	123,7
5	5,282	5,149	3,936	0,120	0,117	0,89	44,1	204,0	202,3
6	18,219	4,318	6,992	0,414	0,098	0,159	303,0	225,4	0,0

**Tab.3.3. Maximální amplitudy na směru při 24 [Hz]**

Umístěné body měřené v průběhu vibrací při 24 [Hz], ukazuje náčrt (viz. obr.3.14.)

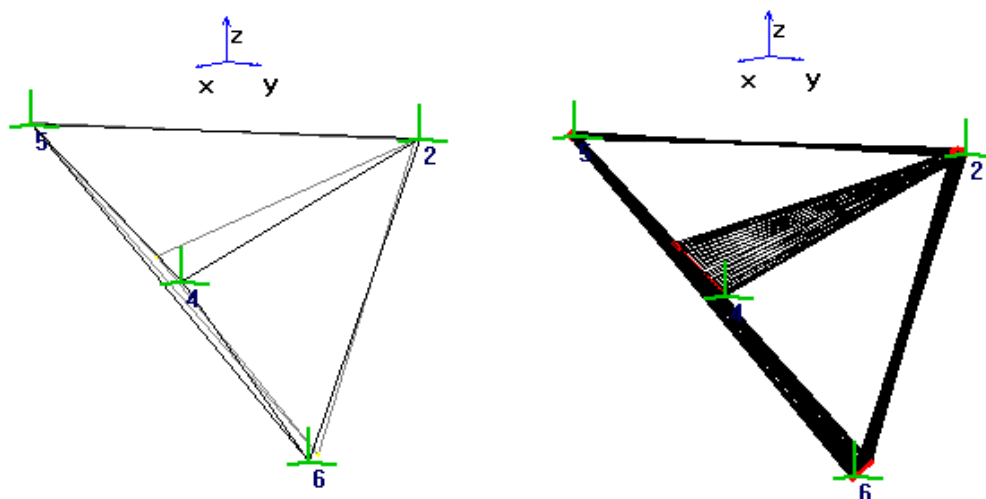


**Obr.3.14. Umístěné body měřené v průběhu vibrací při 24 [Hz]**



### 3.2.2. Pro startér f. Magnetron, typ Axiál bez planetové převodovky (reduktoru).

Výsledky měření o frekvenci 7 [Hz]

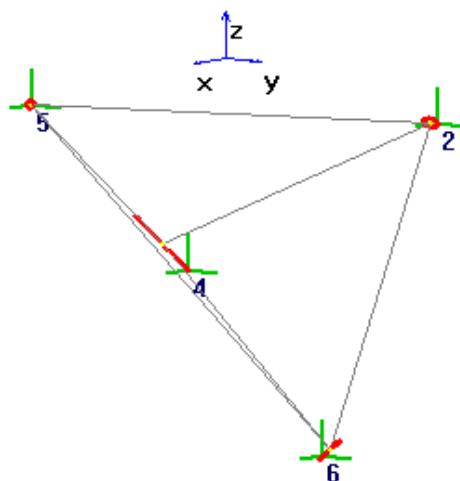


Obr.3.15. Zobrazeny vibrací při 7 [Hz] (zvětšení -11,9)

bod	Posunutí Amplituda [ $\mu\text{m}$ ]			Zrychlení Amplituda [ $\text{m/s}^2$ ]			Fáze [°]		
	x	y	Z	x	y	z	x	y	z
2	815,985	274,595	294,035	1,578	0,531	0,569	58,6	317,0	136,3
4	866,879	2,026e+03	2,067e+03	1,677	3,918	3,998	47,6	226,9	47,0
5	238,056	298,044	236,527	0,461	0,577	0,458	161,8	237,3	347,6
6	1,069e+03	361,313	619,919	2,069	0,699	1,199	212,3	311,9	0,0

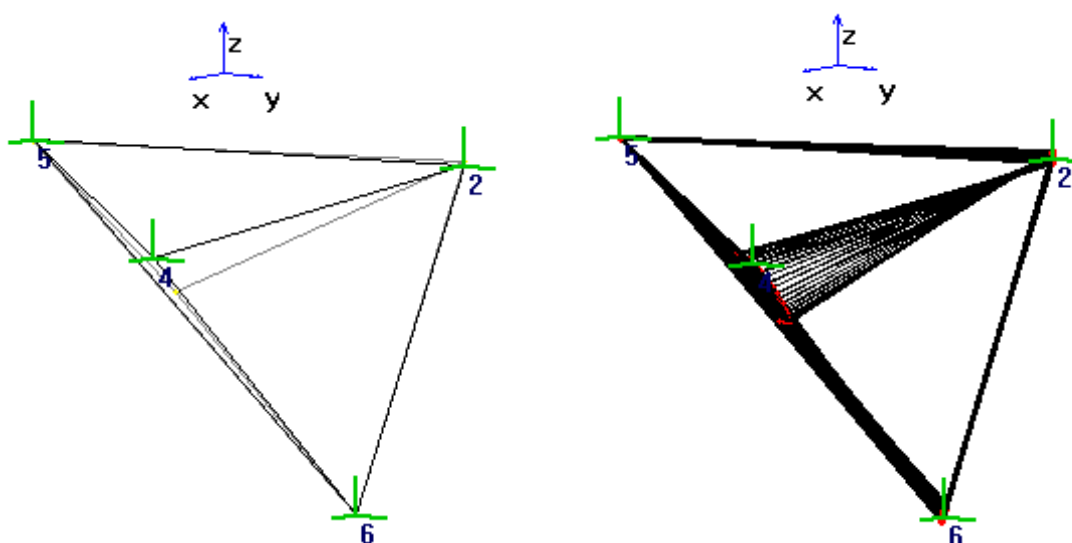
Tab.3.4. Maximální amplitudy na směru při 7 [Hz]

Umístěné body měřené v průběhu vibrací při 7 [Hz], ukazuje náčrt (viz. obr.3.16.)



Obr.3.16. Umístěné body měřené v průběhu vibrací při 7 [Hz]

## Výsledky měření o frekvenci 13 [Hz]

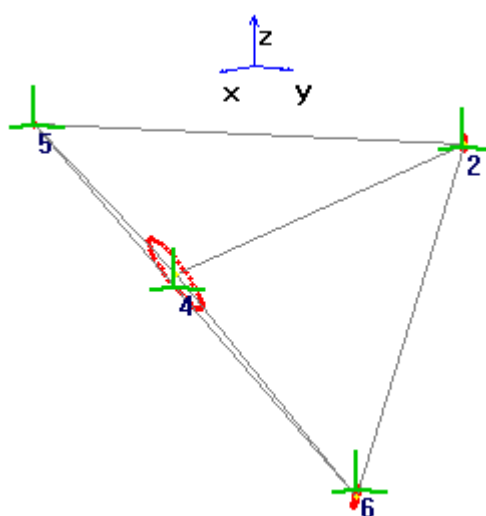


**Obr.3.17. Zobrazeny vibrací při 13 [Hz] (zvětšení - 35)**

bod	Posunutí Amplituda [ $\mu\text{m}$ ]			Zrychlení Amplituda [ $\text{m/s}^2$ ]			Fáze [ $^\circ$ ]		
	x	y	z	x	y	z	x	y	z
2	54,114	44,864	38,472	0,361	0,299	0,257	330,5	317,5	153,6
4	117,107	228,806	229,530	0,781	1,527	1,531	24,3	116,8	299,5
5	31,357	25,158	17,611	0,209	0,169	0,117	211,8	217,7	249,1
6	72,515	44,340	57,005	0,484	0,296	0,380	199,0	221,6	0,0

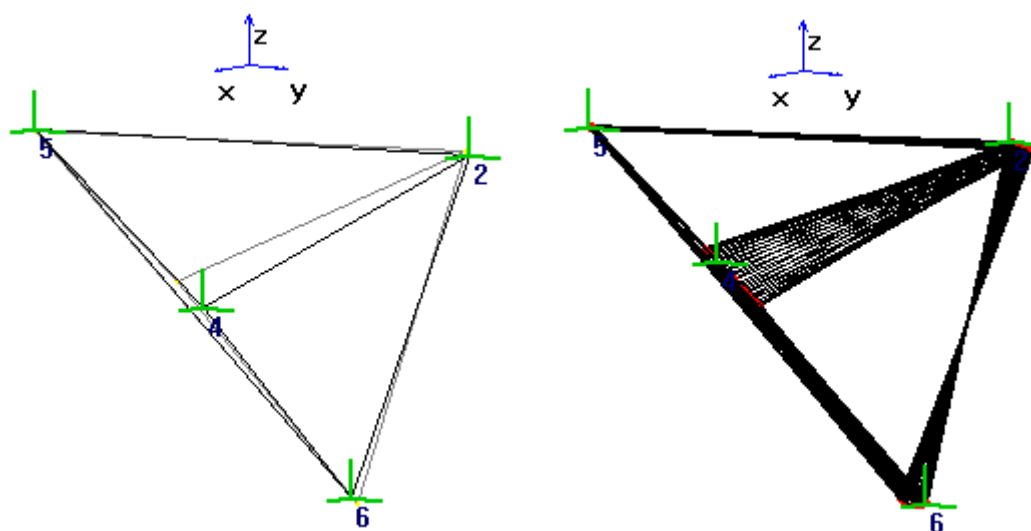
**Tab.3.5. Maximální amplitudy na směru při 13 [Hz]**

Umístěné body měřené v průběhu vibrací při 13 [Hz], ukazuje náčrt (viz. obr.3.18.)



**Obr.3.18. Umístěné body měřené v průběhu vibrací při 13 [Hz]**

## Výsledky měření o frekvenci 20 [Hz]

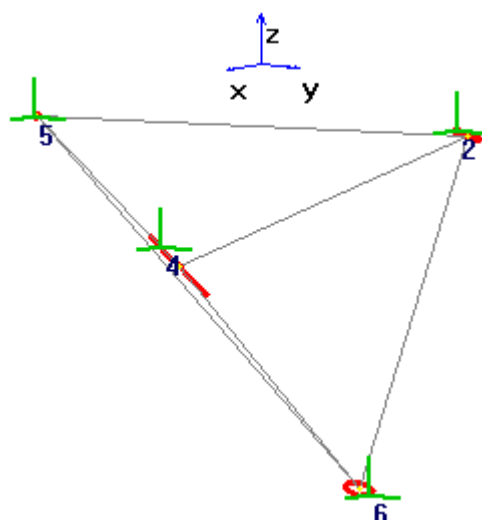


**Obr.3.19.** Zobrazeny vibrací při 20 [Hz] (zvětšení - 35)

bod	Posunutí Amplituda [ $\mu\text{m}$ ]			Zrychlení Amplituda [ $\text{m/s}^2$ ]			Fáze [ $^\circ$ ]		
	x	y	z	x	y	z	x	y	z
2	28,342	7,480	11,864	0,448	0,118	0,187	116,2	327,3	139,9
4	18,053	51,438	50,133	0,285	0,812	0,792	214,4	30,5	109,7
5	9,067	3,197	3,958	0,143	0,050	0,063	125,7	118,2	49,9
6	26,858	10,445	12,370	0,424	0,165	0,195	299,2	133,5	0,0

**Tab.3.5.** Maximální amplitudy na směru při 20 [Hz]

Umístěné body měřené v průběhu vibrací při 20 [Hz], ukazuje náčrt (viz. obr.3.20.)



**Obr.3.20.** Umístěné body měřené v průběhu vibrací při 20 [Hz]

## 3.2. Hodnocení měření frekvence chvění spektra vibrací.

Nejdůležitějším poměrovým bodem měření byl bod 2. umístěný na podvozku karoserie. Hodnoty vibrací motoru v tomto bodu odráží stupeň vibrací, které se přenášejí na karoserie vozidla, a mají tak přímý vliv na komfort jízdy uživatele.

Po uskutečněním měření jsme získali spektrum vibrací, pro každý měřený bod. Analýzou každého spektra jsme vygenerovali, frekvenci těchto bodu. Jsou to největší hodnoty amplitud vychýlení a zrychlení. Naměřené frekvence těchto vibrací:

pro spouštěče firmy Valeo o frekvenci : 8[Hz], 16[Hz], 24[Hz]

pro spouštěče firmy Magneton o frekvenci : 7[Hz], 13[Hz], 20[Hz]

Především, zvětšené amplitudy ve vibračních spektrech, pocházejí od vynucených sil a také vlastních elementu měřené sestavy. Nejčastější příčinou nízkofrekvenčních vibrací je osová nevyváženost vlastních rotujících součástí. Jde o společnou vlastnost všech rotujících elementů, např. prostých hřídelů, rotorů elektromotorů a také nadměrné opotřebení materiálu. Podobně chvění budeme analyzovat v strojích s ložisky kluznými jako efekt nestabilnosti olejového filmu. Parametrické chvění vystupují vždy, když v průběhu otáčení nastupuje periodická změna hmoty, tlumení a nejčastěji tuhosti. Dva nejvíce zřejmé důvody takových chvění jsou právě točná ložiska a také pásmo soukolí v ozubení. V prvním případě máme co do činění s periodickou změnou.

Důležitým elementem je znalost superpozice při složených vibracích, která nám mluví, že vychýlení bodu v čase jejich vibrace je sumou vychýlení vyvolaných přes jednotlivé faktory. Kdy chvějící se tělo obdrží lehké vnitřní impulsy (tlaku, nárazu) které mohou ovlivnit amplitudu chvění různým způsobem. Impulsy umístěné opačně k rychlosti chvění způsobují jejich tlumení a shodně zvětšení amplitudy chvění. Při součtu jednotlivých amplitud vibrací je jednou z příčin zvětšení amplitudy vychýlení v dané frekvenci. Dalším důvodem zvětšení amplitudy vychýlení a zrychlení je to, že elementy souboru měření začnou rezonovat. Rezonance je nepříznivý jev v průběhu práce jednotlivých elementu zařízení. Polehá na buzení součásti k chvění nebo k zvětšení amplitudy vibrací následkem přenášení impulsu o periodicky stejné frekvenci vibrací vlastního těla. Vlastní chvění mají stálé amplitudy a sou charakteristické pro každého pružné tělo.

Při měření chvění motoru v průběhu náběhu, při použití startéru firmy Valeo je vidět výrazně, že pro bod dvě největší amplitudou vychýlení a také zrychlení mají chvění o frekvenci 8[Hz]. V porovnání s amplitudou v jiných frekvencích jsou ony značně větší. Jedna z příčin těch tak velkých hodnot je to, že frekvence 8 [Hz] je jednoznačně druhou harmonicky

vibrací nacházejícího se v pohybu rotoru spouštěče při jeho náběhu 250 [1/min]. Chvění se přenášejí na motor pravděpodobně proto, že osa posuvného pastorku není rovnoběžná s osou kola hnacího. Muže to být výsledkem nesouosostí přesuvného mechanismu pastorku, ale rovněž špatného upevnění samého startéru.

Veliká amplituda vychýlení a zrychlení může být způsobena z použité konstrukce spouštěče firmy Valeo s planetárním soukolím. Každý dodatečný element v konstrukci zařízení, může přenášet amplitudy vibrace o dané frekvence.

Z výsledku měření je vidět, že největší vychýlení při chvění vykazují body měřené nejbližle ležící spouštěči. Vidíme také, že bod dvě není bodem s největší amplitudou. Je to tím, že velkou část vibrací absorbují gumové polštářky na kterých je osazen motor. Nejsilněji v chvění v každém případě je bod čtyři. Vychází to hlavně z toho, že leží nejbližle spouštěči a vibrace mají k překonání nejkratší vzdálenost během které se můžou rozpráshit.

Z měření pro spouštěč firmy Magneton je výrazně vidět, že hodnota vychýlení a zrychlení vibrací bodu měření, je výrazně v nižších frekvencích, dvakrát menších než v případě spouštěče firmy Valeo. Vyplývá to v důsledku druhé harmonické vibrace rotoru a také chvění od planetárního soukolí. Následně toto chvění se sčítá s chvěními pocházejícími od budoucího v náběhu motoru.

Další výsledky pro spouštěč typ Axiál pro všechny frekvence jsou srovnatelné z hodnotami obdržené v případě spouštěče Firmy Valeo.

Výsledky měření můžeme interpretovat v ještě jeden způsob a to jmenovitě tak ,že velikost zrychlení vychýlení měřená v průběhu můžeme odnést shodně s druhým zákonem dynamiky, kde  $F = a \cdot m$ , do síly F jakou působí motor na ramena motoru a také v případě bodu dvě, na samého uživatele. Vychýlení v průběhu chvění můžeme popsat jako energii odebíranou přes polštářky a motoru a také přes samého uživatele.

Startér Valeo, má skoro dvakrát větší vibrace v případě jedné z charakteristické frekvence. Jsou to vibrace o nízkých frekvencích, takže z pohledu uživatele více citelné než o vysoké frekvenci z úvahy na jejich větší amplitudu vychýlení ze stavu rovnováhy.

## **4. Zhodnocení a porovnání spouštěčů z pohledu na komfort jízdy a užitkové vlastnosti**

Abych mohl porovnat oba spouštěče použil jsem dvě porovnávací podmínky, jmenovitě: komfort uživatele a také vlastnosti užitkové.

### **Spouštěče firmy Valeo**

#### **Z úvahy na komfort uživatele.**

Kladné vlastnosti:

- lehký náběh v nízkých jak i ve vysokých teplotách, vznikajících z větších otáček v průběhu náběhu motoru,
- lehčí servis, z úvahy na menší nátlak na minimalizaci

Záporné vlastnosti:

- větší amplituda chvění, při nízkých frekvencích, přenášeny na karoserii vozidla
- větší vnitřní průměry a také váha spouštěče, znesnadňuje jeho demontáž a montáž
- hlučná práce, vyplývající z důvodu planetárního soukolí

#### **Z úvahy na užitkové vlastnosti.**

Kladné vlastnosti :

- možnost přenášení většího kroutícího momentu vyplývající z použití planetárního soukolí
- větší náběhové rychlosti motoru
- menší možnost poruchy spouštěče z úvahy na menší pulsující velikosti měřených částí, přenášeny momentu zatěžující spouštěče v průběhu práce (výsledek užití planetárního soukolí)

Záporné vlastnosti

- větší odběr energie, potřebné k náběhu z baterie
- rychlé vybití akumulátoru vyplývající z většího odběru energie

## **Spouštěč firmy Magneton typ AXIÁL**

### **Z úvahy na komfort uživatele.**

Kladné vlastnosti:

- malá amplituda chvění v celém průběhu frekvence v jakém pracuje spouštěč
- malé vnitřní průměry a také hmotnost startéru, ulehčí montáž a demontáž spouštěče
- tichá práce při chodu

Záporné vlastnosti:

- těžší náběh v nízkých a také vysokých teplotách, důsledek menších otáček motoru v průběhu náběhu
- těžší servis z úvahy na minimalizace konstrukce startéru

### **Z úvahy na vlastnosti užitékové.**

Kladné vlastnosti:

- menší odběr energie z baterie v průběhu náběhu
- menší náklonnost k vybití baterie, zvláště důležitá v nízkých teplotách

Záporné vlastnosti:

- malý krouticí moment přenášený přes spouštěč
- malá momentová rychlost při náběhu motoru
- startér je více vystaven poruše, vyplývá to z menší odolnosti na měnící se zatížení

Shrnutí provedené analýzy, každý z těchto startérů má svoje výhody a nevýhody. Musíme se pozastavit co je nejdůležitější a nejvíce podstatné pro nás jako uživatele vozidla. Zdá se mi, že nejvíce podstatnou vlastností spouštěčů jsou ty, které mají největší kladný vliv při nízkých teplotách. K náběhu motoru je nejdůležitější aby dosáhl požadovaných otáček. Zvětšení hodnot momentu se váže také se zvětšením odběru energie z akumulátoru, v důsledku toho je zvětšen náběh momentu motoru v nízkých teplotách. Z toho to důvodu bych použil klasický startér firmy Valeo. Důležitou předností je také to, že může přenést větší krouticí moment a víme že snížením teploty v značné míře rostou odpory tření v motoru. Startér přenáší větší chvění na podvozek vozidla. Pocit většího kroutícího momentu dává větší jistotu startu, v tomto případě je věc neoddiskutovatelnou a tím více, že náběh motoru probíhá v malém časovém úseku a chvění.

## Seznam použité literatury.

- [1] J.Šťastný , B. Remek, *Autoelektrika a autoelektronika*, Praha 1997.
- [2] J. Ocioszynski, *Elektrotechnika i elektronika pojazdow samochodowych*, Waszawa 1996.
- [3] Bosch Technische Unterrichtung, *Startanlagen*, Stuttgart 1997 a 2000.
- [4] Firemní literatura, Škoda Auto a.s. Mladá Boleslav: *Axiální spouštěč s buzením permanentními magnety*,2003.



